

**ANALISIS ZONA POTENSI PANASBUMI DI DAERAH BITTUANG,
KABUPATEN TANA TORAJA, SULAWESI SELATAN
BERDASARKAN ANOMALI MAGNETIK-PSEUDOGRAVITASI**

TUGAS AKHIR

Oleh :

NURUL QOMARIYAH

0610930044-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

**ANALISIS ZONA POTENSI PANASBUMI DI DAERAH BITTUANG,
KABUPATEN TANA TORAJA, SULAWESI SELATAN
BERDASARKAN ANOMALI MAGNETIK-PSEUDOGRAVITASI**

TUGAS AKHIR

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Oleh :

NURUL QOMARIYAH

0610930044-93



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2011**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS ZONA POTENSI PANASBUMI DI DAERAH BITTUANG,
KABUPATEN TANA TORAJA, SULAWESI SELATAN
BERDASARKAN ANOMALI MAGNETIK-PSEUDOGRAVITASI**

Oleh :
Nurul Qomariyah
0610930044-93

**Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Pembimbing I

DR. Sunaryo,S.Si,M.Si
NIP . 196712281994121001

Pembimbing II

Edi Suhanto.S.Si, MT
NIP. 196807041997031002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Drs. Adi Susilo,M.Si,Ph.D
NIP. 196312271991031002

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nurul Qomariyah
NIM : 0610930044-93
Jurusan : Fisika
Penulis Tugas Akhir Berjudul :

**Analisis Zona Potensi Panasbumi di Daerah Bittuang,
Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan
Berdasarkan Anomali Magnetik-Pseudogravitasi**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Tugas Akhir yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, nama-nama dan karya-karya yang ada dalam daftar pustaka digunakan semata-mata untuk acuan.
2. Apabila di kemudian hari ternyata Tugas akhir yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 07-01-2011
Yang menyatakan,

Nurul Qomariyah
NIM. 0610930044

Analisis Zona Potensi Panasbumi Di Daerah Bittuang, Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan Berdasarkan Anomali Magnetik-Pseudogravitasi

ABSTRAK

Penyelidikan anomali medan magnetik di daerah Bittuang, Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan telah dilakukan selama 49 hari pada luas area $(15 \times 15) \text{ km}^2$. Tujuan dari penelitian ialah untuk mengetahui penyebaran anomali magnetik residual, pemetaan daerah prospek panas bumi, dan identifikasi struktur geologi bawah permukaan. Data medan magnetik total diukur menggunakan peralatan *Proton Precession Magnetometer* (PPM).

Pengolahan data dimulai dengan melakukan koreksi IGRF (*International Geomagnetism Reference Field*) dan koreksi variasi harian untuk mendapatkan anomali medan magnetik total di topografi. Anomali medan magnetik total di topografi direduksi ke bidang datar pada ketinggian 1400 meter di atas permukaan laut, kemudian dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali lokal dengan melakukan kontinuitas ke atas. Anomali medan magnetik selanjutnya ditransformasi ke pseudogravitasi dan gradient horizontal untuk mengetahui daerah anomali dan diinterpretasi.

Hasil interpretasi kualitatif menunjukkan bahwa variasi nilai medan residual dibagi menjadi anomali magnetik negatif dan positif. Daerah potensial panas bumi diinterpretasikan terdapat di daerah anomali magnet rendah atau negatif yang membentang dari arah barat laut ke tenggara dan selatan. Interpretasi kuantitatif Pada anomali residual dihasilkan struktur geologi bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan nilai suseptibilitas.

Kata kunci: Metode magnetik, panasbumi.

**Analysis of Potential Geothermal Zone in The Bittuang Area,
Tana Toraja District, South Sulawesi
Based on Magnetic-Pseudogravity Anomaly**

ABSTRACT

The magnetic field anomaly study has been carried out in Bittuang area, Tana Toraja, South Sulawesi for 49 days with $(15 \times 15) \text{ km}^2$ in wide. This study is conducted to understand the spread of magnetic field anomaly and the geothermal zone also under subsurface geology structure. The total magnetic field data was measured using Proton Precession Magnetometer (PPM).

In this research, data processing is started with IGRF (International Geomagnetism Reference Field) correction and followed by diurnal variation correction to get the total magnetic field anomaly on topography. The total magnetic field anomaly on topography was reduced to a horizontal plane at elevation 1400 m above sea level, then separated into the regional and local anomaly by performing the upward continuation. Afterwards, Magnetic field anomaly was transformed to pseudogravitation and horizontal gradient to understand and interpret the area of anomaly.

The result of qualitative interpretation show that the value of residual field variation was divide into negative magnetic anomaly and positive magnetic anomaly. Geotherm potential area was interpreted in low magnetic anomaly area or negative which is outstretched from the northwest to southeast and south area. Based on the rock susceptibility value, the quantitative interpretation obtained the subsurface geology structure.

Keyword: Geomagnetic method, geothermal.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Robbil'alamin, Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Zona Potensi Panasbumi di Daerah Bittuang, Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan Berdasarkan Anomali Magnetik-Pseudogravitasi“ ini dengan sebaik-baiknya.

Selesainya laporan ini juga berkat adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Karena itu penulis sampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Sunaryo,S.Si M.Si. selaku pembimbing I, yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
2. Bapak Edi Suhanto .S.Si, MT selaku pembimbing II, terima kasih atas saran dan masukan yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Drs. Adi Susilo, M.Si, PhD selaku Ketua Jurusan Fisika, yang telah memberi ijin atas selesainya tugas akhir ini.
4. Ibu, Bapak, dan kakak penulis. Terima kasih atas segala pengorbanan, semangat dan do'a restu serta kasih sayang yang telah diberikan selama ini.
5. Bapak dan Ibu dosen, seluruh karyawan Jurusan Fisika Universitas Brawijaya, atas ilmu dan bimbingannya selama ini kepada penulis.
6. Seseorang yang telah sabar membantu dan menemani sehingga terselesainya laporan ini.
7. Teman-teman Fisika khususnya Angkatan 2006, terima kasih atas kebersamaanya selama ini.
8. Semua pihak yang telah membantu kesuksesan penulisan skripsi ini, terimakasih banyak.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak walaupun penulis yakin bahwa laporan ini masih jauh untuk dikatakan sempurna.

Malang, Januari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK/ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Daerah Penelitian	5
2.1.1 Geomorfologi Daerah Bittuang	5
2.1.2 Struktur Geologi Daerah Bittuang	6
2.1.3 Stratigrafi Daerah Bittuang	7
2.2 Konsep Dasar Metode Magnetik	9
2.2.1 Metode Magnetik	9
2.2.2 Medan Magnet Dipol	9
2.2.3 Teori Medan Magnet Bumi	9
2.2.4 Medan Magnet Bumi	10
2.2.5 Variasi Medan Magnet Bumi	14
2.2.6 Koreksi Data Magnetik	15
2.2.7 Anomali Medan Magnet	16
2.2.8 Suseptibilitas Magnetik	17

2.3 Tranformasi Pseudogravitasi	18
2.4 Geothermal	19

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Peralatan	25
3.3 Data Penelitian	26
3.4 Tahap Penelitan	26
3.4.1 Pengambilan Data	26
3.4.2 Pengolahan Data	27
3.4.3 Penggambaran Pola Anomali Magnetik	30
3.4.4 Pemodelan Geologi	30
3.4.5 Interpretasi	30

BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN

4.1 Interpretasi Kualitatif	33
4.1.1 Pengolahan Data Anomali Magnetik	34
4.1.2 Koreksi Diurnal	34
4.1.3 Koreksi IGRF	35
4.1.4 Reduksi Bidang Datar	37
4.1.5 Kotinuas Keatas	38
4.1.6 Anomali Residual	40
4.1.7 Pseudogravitasi	41
4.1.8 Gradien Horisontal	42
4.2 Interpretasi Kuantitatif	45
4.2.1 Interpretasi Kuantitatif Penampang Anomali Magnetik Lintasan AB	46
4.2.2 Interpretasi Kuantitatif Penampang Anomali Magnetik Lintasan CD	49
4.3 Analisis Zona Potensi Panasbumi	51

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55

DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	59

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berangkat dari suatu permasalahan tentang ketersediaan sumber daya energi yang bersifat tidak dapat diperbarui (*unrenewable*) seperti Bahan Bakar Minyak (BBM), Bahan Bakar Gas (BBG) dan lain sebagainya, yang persediannya semakin menipis dikarenakan adanya eksploitasi secara terus menerus dalam rangka pemenuhan kebutuhan akan energi dari berbagai sektor bidang. Oleh karena itu maka solusi untuk mengupayakan adanya penelitian-penelitian demi mencari energi alternatif perlu diselenggarakan dengan semaksimal mungkin. Studi yang berkaitan dengan *volcanic-geothermal* menjadi hal yang sangat strategis dalam upaya pemanfaatan potensi alam secara optimal di masa datang sebagai sumber energi alternatif, misalnya untuk pembangkit listrik tenaga Panasbumi.

Geofisika adalah ilmu yang mempelajari tentang bumi dengan menggunakan parameter-parameter fisika, terutama dalam hal ini yang menjadi target adalah bumi bawah permukaan. Parameter-parameter fisika yang digunakan antara lain parameter mekanika yang meliputi metode-metode seismik, gravitasi, dan magnetik. Penggunaan parameter-parameter tersebut tergantung pada target yang ingin diketahui dengan kata lain, penyelidikan geofisika dapat memberikan informasi mengenai keadaan geologi bawah permukaan suatu daerah berdasarkan sifat-sifat fisika batuan bawah permukaan tersebut.

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan dalam peran eksplorasi *geothermal* adalah metode magnetik. *Geomagnetic methods* (metode magnetik) merupakan salah satu metode geofisika yang sering digunakan sebagai survei pendahuluan pada eksplorasi bawah permukaan salah satunya adalah panasbumi. Akurasi pengukuran metode magnetik ini relatif tinggi dan pengoperasian di lapangan relatif sederhana, mudah dan cepat. Peta anomali magnetik menunjukkan sejumlah besar anomali residual yang merupakan hasil variasi magnetik yang terkandung di dalam batuan dekat permukaan. Metode ini didasarkan pada pengukuran variasi intensitas medan magnetik di permukaan bumi. Variasi ini disebabkan oleh adanya

variasi distribusi batuan termagnetisasi di bawah permukaan bumi. Selain itu variasi medan magnetik bisa disebabkan oleh adanya perubahan struktur geologi dibawah permukaan bumi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan analisis pola anomali magnetik berdasarkan data magnetik
2. Bagaimana penggunaan metode magnetik berdasarkan anomali magnetik dengan pseudogravitasi untuk pendugaan zona panasbumi di daerah penelitian.
3. Bagaimana menginterpretasi struktur bawah permukaan dan zona potensi panasbumi (*geothermal*) di daerah penelitian.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Metode geofisika yang digunakan hanya metode anomali magnetik pseudogravitasi untuk menginterpretasi pemodelan bawah permukaan dan menganalisis zona potensi panasbumi.
2. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* Excel, Surfer-8, Magpick, dan Mag2DC untuk menggambarkan model penampang perlapisan bawah permukaan daerah pengukuran.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan anomali magnetik residual daerah penelitian berdasarkan pengolahan data magnetik.
2. Menentukan zona potensi panasbumi dengan menganalisis gradient horisontal dari anomali magnetik-pseudogravitasi.
3. Menentukan struktur bawah permukaan daerah penelitian berdasarkan pemodelan dengan anomali magnetik residual.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai hubungan antara nilai pengolahan data anomali magnetik terhadap informasi mengenai keadaan struktur bawah permukaan sehingga dapat dipergunakan sebagai data acuan sebelum dilakukan kegiatan eksplorasi khususnya daerah potensi *geothermal*, sehingga pemerintah ataupun masyarakat dapat lebih memanfaatkan potensi alam.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Daerah Penelitian

2.1.1 Geomorfologi Daerah Bittuang

Daerah Bittuang dipetakan menjadi 5 satuan geomorfologi yaitu satuan formasi Latimojong, batuan Gunungapi Talaya, batuan terobosan, tufa Barupu, dan formasi Budong-budong.

Batuan tertua yang terdapat di daerah Bittuang dan sekitarnya adalah Formasi Latimojong yang menempati di sebelah barat laut daerah penyelidikan. Formasi ini tersusun dari filit, kuarsit, batu lempung malih dan pualam yang berumur Kapur akhir.

Batuan Gunungapi Talaya menempati bagian Barat serta sebagian besar Utara daerah penyelidikan dan menindih tak selaras Formasi Latimojong. Satuan batuan ini mengandung breksi lava, breksi tufa, tufa lapili bersisipan tufa dan batupasir (*greywacke*), rijang, serpih, napal (mengandung fosil ganggang, pecahan ekinoid, *Lepidocyclina sp*, *Miogyssina sp* dan *Gypsina sp*), batu pasir karbonan dan batubara. Satuan batuan ini diendapkan pada lingkungan laut dalam sampai dangkal dan sebagian pada lingkungan darat. Umur satuan ini diperkirakan Miosen Tengah sampai Pliosen.

Batuan terobosan terdiri dari granit, granodiorit dan riolit menempati bagian Selatan-Barat daya dari daerah penyelidikan. Batuan terobosan ini ada yang menamakan Granit Mamasa atau Granit Kambuno pada Peta Geologi Lembar Malili dan Lembar Poso, umumnya diperkirakan berumur Miosen akhir-Pliosen awal.

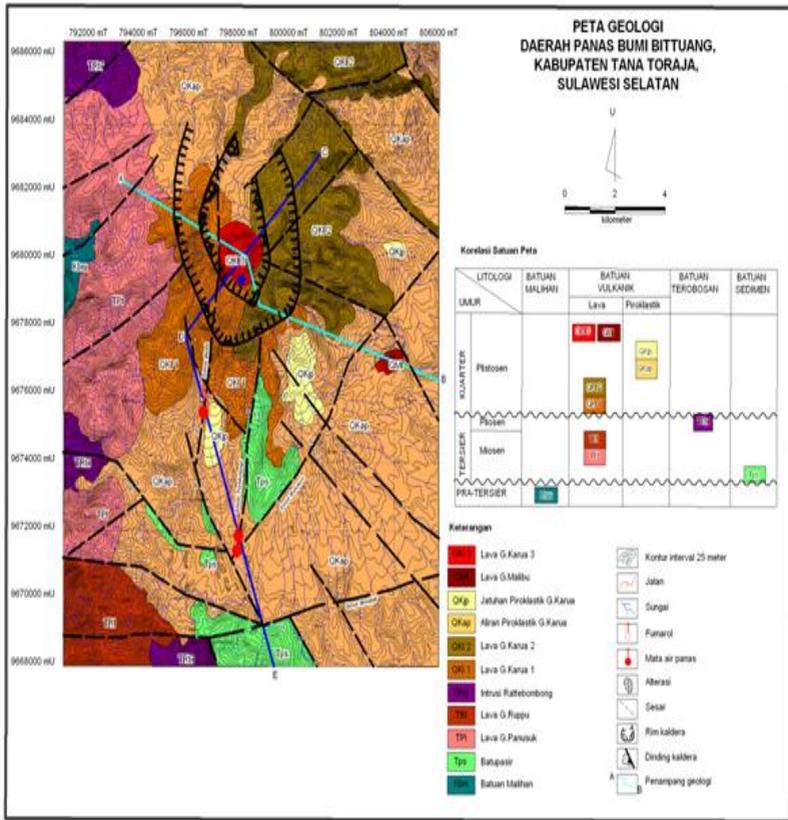
Tufa Barupu menempati sebagian besar bagian selatan dan timur dari daerah penyelidikan dan menindih tak selaras dengan satuan batuan Gunungapi Talaya dan formasi Latimojong. Satuan ini tersusun dari tufa, tufa lapili, tufa hablur bersusunan dasit dan sedikit breksi lava. Satuan ini diperkirakan berumur Pleistosen.

Formasi Budong-budong menempati sebagian kecil bagian tengah daerah penyelidikan dan merupakan satuan batuan termuda pada daerah penyelidikan. Satuan ini tersusun dari batu pasir bersisipan batu gamping koral dan batu lempung, menindih tak selaras Formasi Latimojong, Satuan Gunungapi Talaya dan tufa Barupu. Satuan ini diperkirakan berumur Pleistosen-Holosen.

2.1.2 Struktur geologi Daerah Bittuang

Daerah Bittuang termasuk ke dalam Mandala Geologi Sulawesi Barat yang dicirikan oleh batuan terobosan yang berumur Miosen-Pliosen. Struktur yang ada di daerah penyelidikan didominasi berarah Barat Laut-Tenggara dan Timur Laut-Barat Daya dan hal ini sesuai dengan pola kelurusan dari citra landsat lokasi penyelidikan.

Penentuan struktur geologi didasarkan atas hasil pengamatan lapangan, analisa citra *landsat* dan peta topografi terhadap gejala-gejala struktur di permukaan seperti pemunculan mata air panas, kelurusan lembah dan punggungan, bidang sesar dan zona hancuran batuan (Gambar 2.1). Berdasarkan hal tersebut maka di daerah panasbumi Bittuang terdapat beberapa struktur sesar, yaitu struktur rim kaldera, sesar-sesar normal berarah Barat Laut-Tenggara, Barat Daya-Timur Laut, dan berarah hampir Utara-Selatan (sesar Balla dan sesar Tombilangi) yang mengontrol kemunculan manifestasi panasbumi Balla dan Cepeng, dan sesar mendatar berarah Barat Daya-Timur Laut yang memotong dan mengakibatkan pergeseran pada batuan dan struktur yang sudah terbentuk sebelumnya (Tim survei geologi, PMG, 2009).



Gambar 2.1. Peta geologi daerah panasbumi Bittuang (Tim survei geologi, PMG, 2009)

2.1.3 Stratigrafi Daerah Bittuang

Stratigrafi merupakan studi yang mempelajari sejarah, komposisi dan umur relatif serta distribusi perlapisan tanah dan interpretasi lapisan-lapisan batuan untuk menjelaskan sejarah bumi serta untuk mengetahui luas sebaran lapisan batuan. Berdasarkan hasil perbandingan antar lapisan yang berbeda, dapat dikembangkan studi mengenai litologi (*litostratigrafi*), kandungan fosil (*biostratigrafi*) dan umur relatif maupun absolutnya (*kronostratigrafi*) (www.id.wikipedia.org).

Stratigrafi daerah ini disusun oleh 11 satuan batuan, yang terdiri satu satuan batuan malihan, satu satuan batuan sedimen, satu satuan batuan terobosan dan delapan satuan batuan vulkanik. Satuan batuan yang berperan penting dalam pembentukan sistem panasbumi Bittuang adalah satuan batuan vulkanik lava Gunung Karua-3 yang merupakan satuan vulkanik termuda berumur $0,3 \pm 0,1$ juta tahun atau pada Kala Plistosen.

GEOLOGIC TIME SCALE					
<i>EON ERA</i>	<i>PERIOD</i>	<i>EPOCH</i>	<i>Present</i>		
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene	0.01	
			Pleistocene	1.6	
		Tertiary	Neogene	Pliocene	5.3
				Miocene	23.7
			Paleogene	Oligocene	36.6
				Eocene	57.8
	Mesozoic	Cretaceous		66.4	
		Jurassic		144	
		Triassic		206	
	Paleozoic	Permian		245	
		Carboniferous	Pennsylvanian		286
			Mississippian		320
			Devonian		360
			Silurian		406
		Ordovician		436	
	Cambrian		505		
	Precambrian	Proterozoic		570	
		Archean		2500	
Hadean		3800			
		4550			

Age in millions of years before present

Gambar 2.2. Kolom stratigrafi (www.earthquake.usgs.gov)

Batuan gunungapi yang terdapat di daerah ini dapat dikelompokkan dalam batuan gunungapi tua serta kelompok gunungapi muda. Umurnya mulai dari Plistosen Awal hingga Holosen.

2.2 Konsep Dasar Metode Magnetik

2.2.1 Metode Magnetik

Metode magnetik merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk eksplorasi berdasarkan perubahan besaran medan magnet akibat adanya variasi kemagnetan dari formasi batuan bumi. Metode magnetik ditunjukkan oleh pengukuran intensitas dari medan magnet bumi, metode ini didasarkan pada sifat kemagnetan (kerentanan magnet) batuan, yaitu kandungan magnetiknya sehingga efektifitas metode ini bergantung kepada kontras magnetik di bawah permukaan. Tujuan dari survei magnetik pada daerah panasbumi adalah untuk melokalisir daerah anomali magnetik rendah yang diduga berkaitan erat dengan manifestasi panasbumi karena panas terlibat dalam alterasi hidrotermal. Di daerah panasbumi, larutan hidrotermal dapat menimbulkan perubahan sifat kemagnetan batuan, dengan kata lain kemagnetan batuan akan menjadi turun atau hilang akibat panas yang ditimbulkan (Wahyudi, 2001).

2.2.2 Medan Magnet Dipol

Apabila suatu benda termagnetisasi karena induksi medan magnet bumi, maka arah medan magnet tersebut kurang lebih sama dengan arah medan magnet bumi. Benda magnet akan selalu terdiri dari dua buah kutub. Kutub-kutub tersebut mempunyai sifat selalu berpasangan yaitu selalu dalam wujud dwi kutub atau dipol.

Pada kutub-kutub magnet mempunyai intensitas yang lebih besar yang dibandingkan dengan bagian tengah. Dalam medan magnet utama bumi pada daerah ekuator intensitas medannya sekitar 30.000 gamma dan 60.000 gamma pada daerah kutubnya, intensitas medannya sebanding dengan kerapatan fluks garis. Arah medan magnet pada tepi dipol adalah sejajar dengan arah medan pada pusatnya (Breiner, 1973).

2.2.3 Teori Medan Magnet Bumi

Teori medan magnetik bumi didasari pada hukum coulomb antara dua kutub magnetik P_1 dan P_2 yang berjarak r (cm) dengan besar gaya coulombnya menurut (Halliday, 1968) seperti dibawah ini:

$$\vec{F} = \frac{\mu_0 P_1 P_2}{4\pi r^2} \hat{r} \dots\dots\dots(2.1)$$

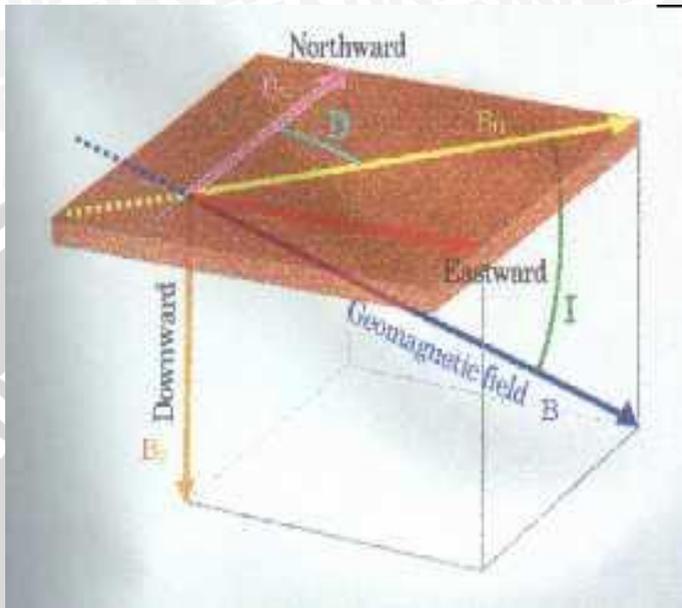
Dimana :

- \vec{F} = gaya antar dua kutub magnet
- P_1, P_2 = kuat kutub magnetik
- r = jarak antar kutub magnet
- \hat{r} = vektor satuan
- μ_0 = permeabilitas ruang hampa

2.2.4 Medan Magnet Bumi

Kita dapat memandang bumi sebagai suatu benda magnet besar yang bersifat dipol, dengan sumbu magnetik yang tidak berhimpit dengan sumbu geografis bumi. Bumi berlaku seperti sebuah magnet sferis yang sangat besar dengan suatu medan magnetik yang mengelilinginya. Medan itu dihasilkan oleh suatu dipol magnetik yang terletak pada pusat bumi, sumbu dipol ini bergeser sekitar 11° dari sumbu rotasi bumi yang berarti kutub utara geografis bumi tidak terletak pada tempat yang tidak sama dengan kutub selatan magnet bumi. Menurut IGRF (2000), melalui perhitungan posisi simetris dimana dipol magnetik memotong permukaan bumi, letak kutub utara magnet bumi adalah $79,3^\circ$ N, $71,5^\circ$ W dan $79,3^\circ$ S, $108,5^\circ$ E ini untuk kutub selatan.

Medan magnetik bumi terkarakterisasi oleh parameter fisis yang dapat diukur yaitu arah dan intensitas kemagnetannya. Parameter fisis itu adalah deklinasi magnetik D, intensitas horizontal H dan intensitas vertikal Z. Dari elemen-elemen ini, semua parameter magnetik lainnya dapat dihitung. Parameter yang menggambarkan arah medan magnetik bumi adalah deklinasi merupakan sudut antara utara magnetik dan utara geografis dan inklinasi yang merupakan sudut antara bidang horizontal dan vektor medan total, yang diukur dalam derajat. Intensitas medan magnetik total F digambarkan dengan komponen horizontal H, komponen vertikal Z dan komponen horizontal ke arah utara X dan ke arah timur Y. Intensitas medan magnetik bumi secara kasar antara 25.000-65.000 nT. Untuk wilayah ndonesia yang terletak di utara ekuator mempunyai intensitas ± 40.000 nT, sedangkan wilayah sebelah selatan ekuator ± 45.000 nT.



Gambar 2.3. Elemen magnetik bumi (Wahyudi, 2001)

Medan magnetik utama bumi berubah terhadap waktu sehingga untuk menyeragamkan nilai medan utama magnet bumi, dibuat setanda nilai yang disebut dengan *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF) yang diperbaharui tiap 5 tahun sekali. Nilai-nilai IGRF tersebut diperoleh dari pengukuran rata-rata pada daerah luasan sekitar 1 juta km² yang dilakukan dalam waktu 1 tahun (Wahyudi, 2001).

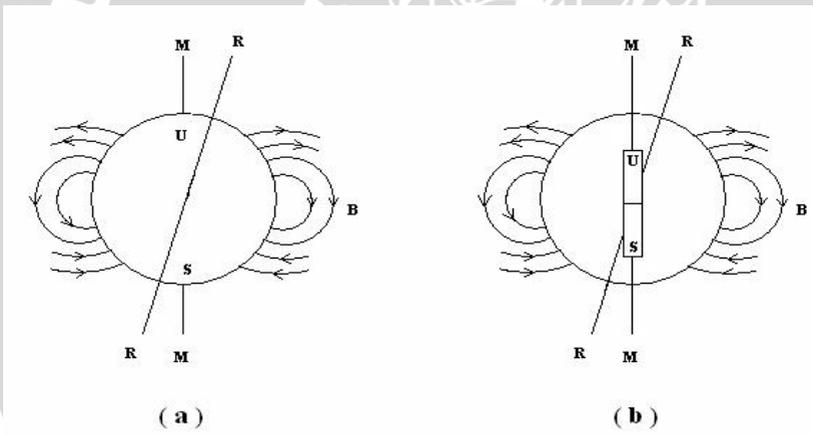
Medan magnetik bumi terdiri dari tiga bagian:

1. Medan Magnet Utama (*Main Field*)

Medan magnet utama secara teoritis disebabkan oleh sumber dalam bumi, magnetisasi permanen oleh aliran arus listrik atau arus listrik yang keluar dan masuk bumi. Beberapa teori menganggap inti bumi tersusun oleh besi dan nikel, dua materi yang dikenal sebagai konduktor yang sangat baik. Adapun penyusun inti bumi, sumber magnetik merupakan dinamo berkonduktivitas tinggi dan bergerak dengan mekanisme yang kompleks, seperti arus atau senyawa kimia dan variasi *thermal* beserta alirannya. Kombinasi gerak dan arus tersebut disebabkan terjadinya medan magnet (Telford, 1982).

Medan magnet bumi adalah salah satu besaran vektor yang mempunyai besaran (*magnitude*) dan arah, besaran ini dapat diuraikan menjadi komponen-komponennya. Medan magnet utama timbul karena adanya arus listrik yang mengalir berputar di dalam inti luar yang membentang dari jari-jari 1.300 km hingga 1.500 km. Medan utama ini tidak konstan terhadap waktu dan perubahannya relatif lambat. Penelitian mengenai sumber medan magnet utama bumi yaitu sumber dari luar dan dari dalam bumi dilakukan oleh Gauss pada tahun 1838 yang menyimpulkan bahwa medan magnet utama bumi yang terukur dipermukaan bumi hampir seluruhnya disebabkan oleh sumber dari dalam bumi, sedangkan sumber dari luar bumi pengaruhnya sangat kecil (Blakely, 1995).

Medan magnet bumi dapat dimisalkan sebagai medan magnet batang yang besar dengan pusat medannya berada jauh dibawah permukaan bumi. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.4. dibawah:



Gambar 2.4. Medan magnet bumi (Blakely, 1995)

MM = Sumbu Magnet Bumi
 RR = Sumbu Rotasi Bumi

2. Medan luar (*External Field*)

Medan ini merupakan sebagian kecil dari medan utama, yaitu hanya 1% dari medan magnet bumi dan berasal dari luar bumi. Medan ini berhubungan dengan arus listrik yang mengalir pada lapisan terionisasi yang terletak di atas atmosfer. Perbedaan waktu

untuk medan ini lebih cepat daripada medan utama, beberapa efeknya adalah sebagai berikut :

- a) Perputarannya berdurasi 11 tahun dan berkorelasi dengan aktivitas matahari
- b) Variasi diurnal matahari mempunyai periode 24 jam dan mempunyai range 30 nT dan berubah menurut garis lintang dan musim yang kemungkinan dipengaruhi oleh aksi matahari pada lapisan ionosfer.
- c) Mempunyai periode 25 jam (variasi diurnal bulan) dengan jangkauan kira-kira 2 nT, yang diasosiasikan dengan interaksi bulan-ionosfer.
- d) Acak yaitu adanya badai magnetik yang merupakan gangguan transien dengan amplitudo sebesar 1000 nT pada semua garis lintang. Pada puncak badai magnetik, praktis eksplorasi dengan metode magnetik tidak berguna (Telford,1982).

3. Medan magnetik anomali

Medan magnet anomali sering juga disebut medan magnet lokal (*crustal field*). Ini terjadi di dekat permukaan kerak bumi dan merupakan penyebab perubahan dalam medan magnet utama, yang biasanya jauh lebih kecil daripada medan utama serta relatif konstan terhadap waktu dan tempat. Perubahan ini dapat dihubungkan dengan perubahan kandungan mineral magnetik dalam batu-batuan dekat permukaan. Kadang-kadang anomali ini cukup besar, hingga besar medan magnet menjadi lebih besar dua kali lipat daripada medan utama lokal. Pada umumnya anomali lokal ini tidak menyebar pada daerah yang luas karena letak sumbernya tidak terlalu dalam seperti halnya dalam metode gravitasi, maka anomali ini merupakan sasaran dari eksplorasi geofisika dengan metode magnetik (Telford,1982).

Dalam survei dengan metode magnetik yang menjadi target dari pengukuran adalah variasi medan magnetik yang terukur di permukaan (anomali magnetik). Secara garis besar anomali medan magnetik disebabkan oleh medan magnetik remanen dan medan magnetik induksi. Medan magnet remanen mempunyai peranan yang besar terhadap magnetisasi batuan yaitu pada besar dan arah medan magnetiknya serta berkaitan dengan peristiwa kemagnetan sebelumnya sehingga sangat rumit untuk diamati. Anomali yang

diperoleh dari survei merupakan hasil gabungan medan magnetik remanen dan induksi, bila arah medan magnet remanen sama dengan arah medan magnet induksi maka anomalnya bertambah besar. Demikian pula sebaliknya. Dalam survei magnetik, efek medan remanen akan diabaikan apabila anomali medan magnetik kurang dari 25 % medan magnet utama bumi (Telford, 1979), sehingga dalam pengukuran medan magnet berlaku :

$$\vec{H}_T = \vec{H}_M + \vec{H}_L + \vec{H}_A \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana : \vec{H}_T = medan magnet total bumi

\vec{H}_M = medan magnet utama bumi

\vec{H}_L = medan magnet luar

\vec{H}_A = medan magnet anomali

2.2.5 Variasi Medan Magnet Bumi

Intensitas medan magnetik yang terukur di atas permukaan bumi senantiasa mengalami perubahan terhadap waktu. Perubahan medan magnetik ini dapat terjadi dalam waktu yang relatif singkat ataupun lama. Berdasarkan faktor-faktor penyebabnya perubahan medan magnetik bumi dapat terjadi antara lain:

1. Variasi sekuler

Variasi sekuler adalah variasi medan bumi yang berasal dari variasi medan magnetik utama bumi, sebagai akibat dari perubahan posisi kutub magnetik bumi. Pengaruh variasi sekuler telah diantisipasi dengan cara memperbarui dan menetapkan nilai intensitas medan magnetik utama bumi yang dikenal dengan IGRF setiap lima tahun sekali.

2. Variasi harian

Variasi harian adalah variasi medan magnetik bumi yang sebagian besar bersumber dari medan magnet luar. Medan magnet luar berasal dari perputaran arus listrik di dalam lapisan ionosfer yang bersumber dari partikel-partikel terionisasi oleh radiasi matahari sehingga menghasilkan fluktuasi arus yang dapat menjadi sumber medan magnet. Jangkauan variasi ini hingga mencapai 30 gamma dengan perioda 24 jam. Selain itu juga terdapat variasi yang amplitudonya berkisar 2 gamma dengan perioda 25 jam. Variasi ini diasosiasikan dengan interaksi

ionosfer bulan yang dikenal dengan variasi harian bulan (Telford, 1979).

3. Badai Magnetik

Badai magnetik adalah gangguan yang bersifat sementara, dalam medan magnetik bumi dengan magnetik sekitar 1000 gamma. Meskipun periodanya acak tetapi kejadian ini sering muncul dalam interval sekitar 27 hari, yaitu suatu periode yang berhubungan dengan aktivitas *sunspot* (Telford, 1979). Badai magnetik secara langsung dapat mengacaukan hasil pengamatan.

2.2.6 Koreksi Data Magnetik

Untuk mendapatkan anomali medan magnetik yang menjadi target survei, maka data magnetik yang telah diperoleh harus dibersihkan atau dikoreksi dari pengaruh beberapa medan magnet yang lain. Secara umum beberapa koreksi yang dilakukan dalam survei magnetik meliputi:

1. Koreksi harian

Koreksi harian (*diurnal correction*) merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu dan posisi matahari dalam satu hari. Waktu yang dimaksudkan harus mengacu atau sesuai dengan waktu pengukuran data medan magnetik di setiap titik lokasi (stasiun pengukuran) yang akan dikoreksi. Apabila nilai variasi harian negatif, maka koreksi harian dilakukan dengan cara menambahkan nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi. Sebaliknya apabila variasi harian bernilai positif, maka koreksinya dilakukan dengan cara mengurangi nilai variasi harian yang terekam pada waktu tertentu terhadap data medan magnetik yang akan dikoreksi, dapat dituliskan dalam persamaan:

$$\overline{\Delta H} = \overline{H}_T \pm \overline{H}_L \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana : $\overline{\Delta H}$ = medan magnet anomali

\overline{H}_T = medan magnet total bumi

\overline{H}_L = medan magnet luar

2. Koreksi IGRF

Koreksi IGRF adalah koreksi yang dilakukan terhadap data medan magnet terukur untuk menghilangkan pengaruh medan utama magnet bumi. Dengan demikian nilai anomali medan magnet total atau target yang disurvei adalah :

$$\bar{H}_A = \bar{H}_T - \bar{H}_L - \bar{H}_M \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan: \bar{H}_T = medan magnet total bumi

\bar{H}_M = medan magnet utama bumi

\bar{H}_L = medan magnet luar

\bar{H}_A = medan magnet anomali

2.2.7 Anomali Medan Magnet

Anomali medan magnet total dapat ditentukan dari besar intensitas medan magnet total yang diukur dipermukaan bumi dikurangi dengan pengaruh medan luar bumi dan besar intensitas medan magnet utama bumi pada daerah penelitian yang menggunakan data dari IGRF (*International Geomagnetik Reference Field*).

Menurut Telford, 1982 dapat ditulis dalam persamaan :

$$\Delta\bar{H} = \bar{H} - \bar{H}_D - \bar{H}_0 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana : $\Delta\bar{H}$ = anomali medan magnet total

\bar{H} = besar intensitas medan magnet total

\bar{H}_D = pengaruh medan magnet luar bumi / variasi diurnal

\bar{H}_0 = intensitas medan magnet utama bumi / IGRF

Anomali medan magnet total yang terjadi dipermukaan diakibatkan oleh medan magnet induksi dan medan magnet remanen dari tubuh batuan dimana keduanya biasanya mempunyai arah dan intensitas yang berbeda. Akan tetapi, medan magnet remanen jauh lebih kecil dibandingkan medan magnet induksinya, sedangkan medan magnet induksi dari tubuh batuan mempunyai kutub-kutub magnet didalam dirinya yang umumnya kurang lebih mengarah kearah yang sama dengan medan magnet utama bumi, sehingga anomali medan magnet dapat diandaikan termagnetisasi secara *uniform* karena induksi medan magnet bumi, sedangkan efek medan magnet remanen diabaikan harganya. Berdasarkan sifat medan magnet bumi dan sifat kemagnetan bahan pembentuk batuan, maka bentuk medan magnetik anomali yang ditimbulkan oleh benda penyebabnya tergantung pada:

1. Inklinasi medan magnet bumi disekitar benda penyebab
2. Geometri benda penyebab
3. Kecenderungan arah dipol-dipol magnet didalam benda penyebab
4. Orientasi arah dipol-dipol magnet benda penyebab terhadap arah medan bumi (Robinson dan Cahit Coras,1988).

2.2.8 Suseptibilitas Magnetik

Tingkat suatu benda magnetik untuk mampu di magnetisasi ditentukan oleh suseptibilitas kemagnetan k , yang dituliskan sebagai

$$\vec{I} = k\vec{H} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana I = intensitas medan magnet batuan (nT)

H = intensitas medan magnet bumi yang menginduksi batuan dalam (nT)

k = kerentanan magnet batuan

Besaran ini adalah parameter dasar yang dipergunakan dalam metode magnetik. Harga k pada batuan semakin besar apabila dalam batuan tersebut semakin banyak dijumpai mineral-mineral yang bersifat magnetik. Semakin besar kandungan mineral magnetik di dalam batuan, akan semakin besar harga suseptibilitasnya. Metode ini sangat cocok untuk pendugaan struktur geologi bawah permukaan dengan tidak mengabaikan faktor kontrol adanya kenampakan geologi di permukaan dan kegiatan gunungapi. Metode magnetik sering digunakan dalam eksplorasi minyak bumi, panasbumi, dan batuan mineral serta bisa diterapkan pada pencarian benda arkeologi.

Sedangkan suseptibilitas magnetik (k) batuan, secara umum dikelompokkan menjadi tiga, antara lain sebagai berikut :

1. Batuan sedimen

Batuan jenis ini umumnya mempunyai jangkauan suseptibilitas antara $(0-4000) \times 10^{-6}$ emu dan rata-rata berkisar $(10-75) \times 10^{-6}$ emu. Batuan yang tergolong kelompok ini antara lain: *dolomite*, *limestone*, *sandstone*, dan *shales*.

2. Batuan beku

Umumnya batuan jenis ini mempunyai jangkauan suseptibilitas antara $(0-971) \times 10^{-6}$ emu dan rata-rata berkisar $(200-13500) \times 10^{-6}$

emu. Batuan yang tergolong kelompok ini antara lain : *granite, rhyolite, basalt, dan andesit.*

3. Batuan metamorf

Sedangkan batuan jenis ini umumnya mempunyai jangkauan suseptibilitas antara $(0-5800) \times 10^{-6}$ emu dengan rata-rata berkisar $(60-350) \times 10^{-6}$ emu. Batuan yang tergolong kelompok ini antara lain: *amphibolite, shist, phyllite, gneiss, quartzite, serpentine, dan slate* (<http://aapgscondip.wordpress.com>).

2.3. Transformasi Pseudogravitasi

Transformasi pseudogravitasi merupakan strategi yang sangat berguna dalam penginterpretasian anomali magnetik karena anomali gravitasi lebih mudah diinterpretasikan daripada anomali magnetik. Anomali benda yang mempunyai gradien horizontal yang paling maksimum, dan sifat ini dapat dieksploitasi dalam interpretasi magnetik dengan transformasi anomali magnetik ke anomali pseudogravitasi dan meneliti gradien horizontal maksimum dari anomali pseudogravitasinya.

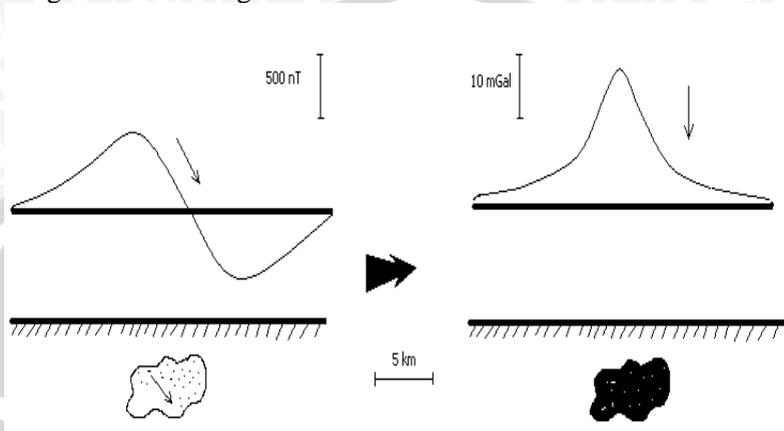
Transformasi pseudogravitasi data magnetik dapat di bantu dengan persamaan poisson. Relasi poisson menunjukkan bahwa potensial magnetik V dan potensial gravitasi U yang disebabkan oleh rapat massa *uniform* dan benda termagnetisasi *uniform* berelasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V &= -\frac{C_m M}{\gamma \rho} \hat{m} \nabla_p U \\
 &= -\frac{C_m M}{\gamma \rho} g_m \dots\dots\dots(2.8)
 \end{aligned}$$

Dimana ρ adalah densitas, M adalah intensitas magnetisasi, \hat{m} adalah arah magnetisasi, dan g_m adalah komponen medan gravitasi dalam arah magnetisasi \hat{m} . Untuk mendapatkan relasi poisson, diasumsikan bahwa M dan ρ adalah konstan.

Relasi poisson dapat diaplikasikan untuk mengkonversikan anomali medan magnet total ke dalam anomali gravitasi jika distribusi magnetisasi diganti dengan distribusi densitas secara identik ($\frac{M}{\rho}$ adalah konstan sepanjang sumber). Hasil transformasi ini

disebut anomali pseudogravitasi, dan transformasi pseudogravitasi ini digambarkan sebagaimana berikut ini :



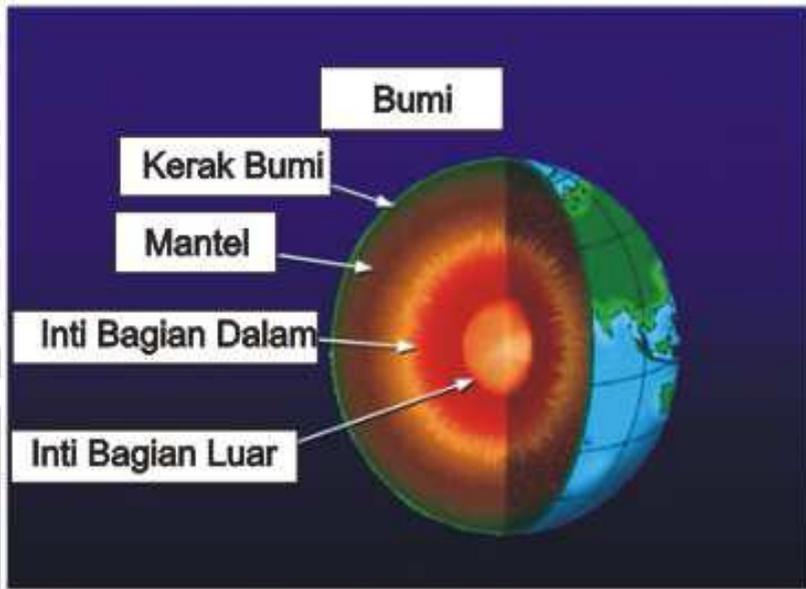
Gambar 2.5. Anomali magnetik dan transformasi pseudogravitasi-nya (Blakely, 1995)

Data pseudogravitasi merupakan gambaran analogis data gravitasi untuk benda dengan densitas yang memiliki kesebandingan dengan magnetisasi (Blakely, 1995).

2.4 Geothermal

Secara bahasa, kata *geothermal* terbentuk dari dua kata yaitu *geo* yang berarti bumi dan *thermal* yang artinya panas. Jadi istilah *geothermal* diartikan sebagai panasbumi. *Geothermal* juga dapat diartikan sebagai energi panas yang terbentuk secara alami di bawah permukaan bumi.

Semakin ke bawah temperatur bumi semakin meningkat atau semakin panas. Panas yang berasal dari dalam bumi dihasilkan dari reaksi peluruhan unsur-unsur radioaktif seperti uranium dan potasium. Pada kedalaman 10.000 meter atau 33.000 feet, energi panas yang dihasilkan bisa mencapai 50.000 kali dari jumlah energi seluruh cadangan minyak bumi dan gas alam yang masih tersimpan di dunia. Inilah yang menjadi sumber energi panasbumi yang disebut *geothermal* (www.taman.blogsome.com).

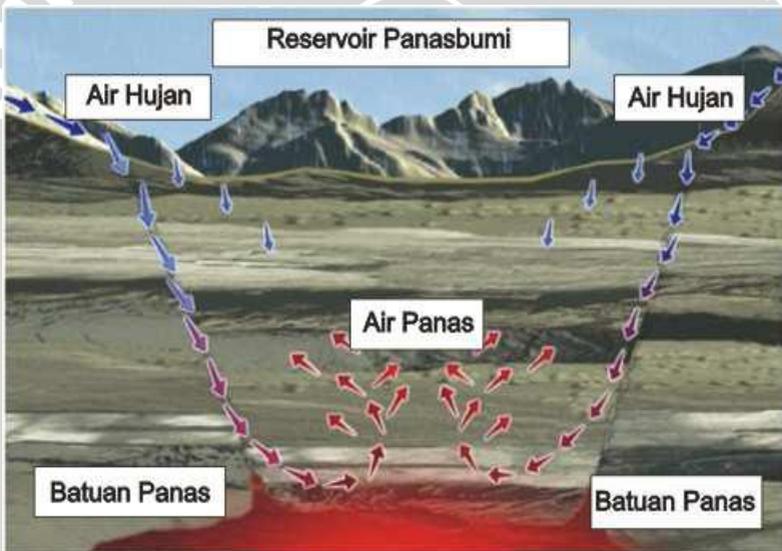


Gambar 2.6. Struktur bumi (www.taman.blogsome.com).

Dari Gambar 2.6 terlihat bahwa bagian kerak bumi (*crust*) merupakan lapisan terluar yang keras, padat dan tersusun dari batuan yang mampu menahan aliran panas dari bawah permukaan bumi. mantel bumi (*mantle*) merupakan lapisan yang semi-cair atau berupa batuan yang meleleh atau sedang mengalami perubahan fisik akibat pengaruh tekanan dan temperatur tinggi disekitarnya. Bagian luar dari inti bumi (*outer core*) berbentuk *liquid* dan lapisan terdalam dari inti bumi (*inner core*) berwujud padat (www.taman.blogsome.com).

Ketika air hujan turun ke permukaan bumi maka akan merembes ke dalam tanah melalui saluran pori-pori atau rongga-rongga di antara batuan. Di daerah gunungapi, dimana terdapat potensi *geothermal*, sering ditemukan struktur sesar (*fault*) dan kaldera (*caldera*) sebagai akibat dari letusan gunung berapi maupun aktifitas tektonik lainnya. Keberadaan struktur tersebut tidak sekedar membuka pori-pori atau rongga-rongga antar butiran menjadi lebih terbuka, bahkan bisa menciptakan zona rekahan (*fracture zone*) yang cukup lebar dan memanjang secara vertikal atau hampir vertikal sehingga memudahkan air tanah bertemu dengan batuan panas, terakumulasi dan terpanaskan. Akibatnya temperatur air meningkat,

volume bertambah dan tekanan menjadi naik. Lokasi tempat fluida panas tersebut terperangkap dinamakan reservoir panasbumi (*geothermal reservoir*), sementara lapisan batuan di bagian atasnya dinamakan batuan penutup (*caprock*) yang bersifat impermeabel atau sulit ditembus oleh fluida dengan tekanan terus meningkat, membuat fluida panas tersebut menekan batuan panas yang melingkupinya sambil mencari jalan terobosan untuk melepaskan tekanan tinggi. Jika fluida tersebut menemukan celah yang bisa menuju permukaan bumi, maka akan dijumpai sejumlah manifestasi panasbumi. Namun bila celah itu tidak tersedia, maka fluida panas itu akan tetap berada di dalam reservoir panasbumi (*geothermal reservoir*) (www.taman.blogsome.com).



Gambar 2.7. Reservoir panasbumi (*geothermal reservoir*) (www.taman.blogsome.com).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

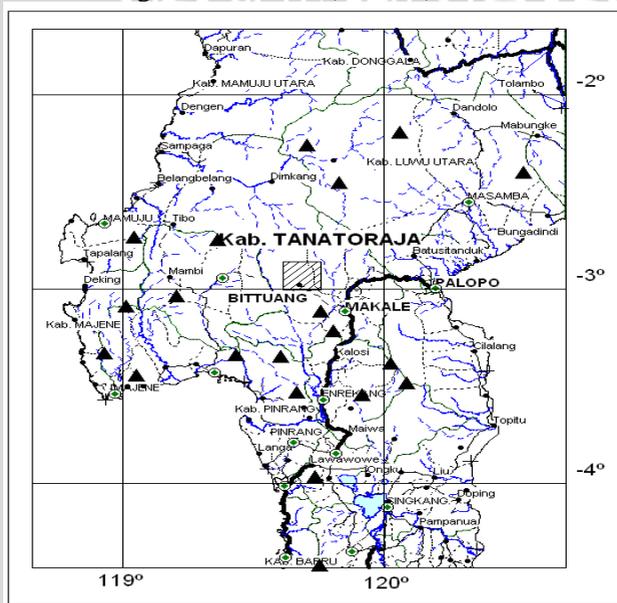


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

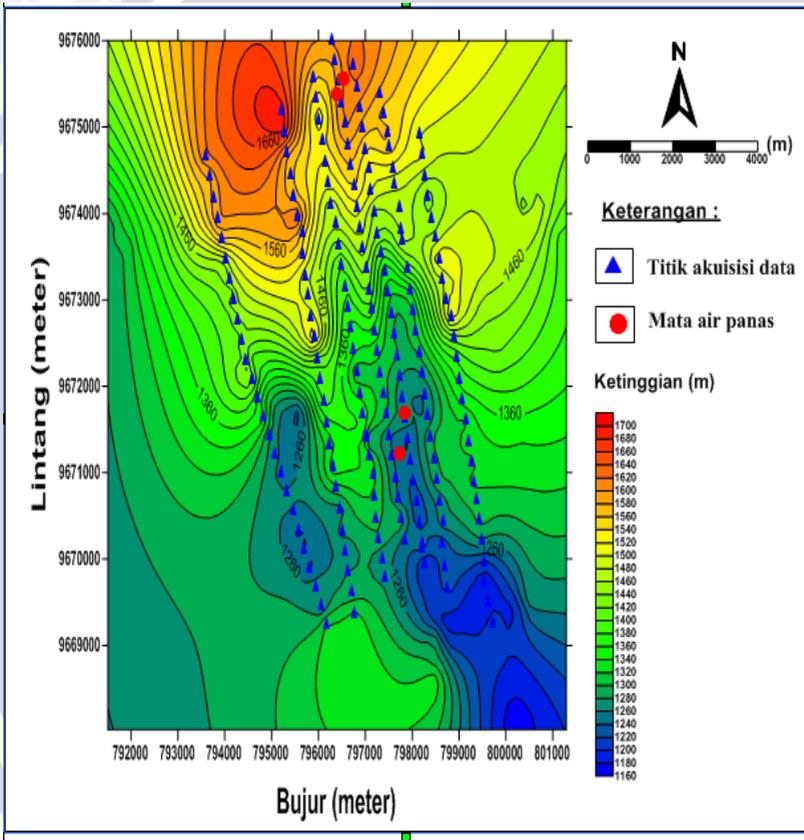
Data yang digunakan dalam penelitian skripsi ini adalah data sekunder dari Pusat Sumber Daya Geologi Bandung, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Bagian Panasbumi dan Mineral, Bandung. Data diambil pada tanggal 22 Februari-22 Maret 2010. Pengukuran data primer dilakukan oleh tim survei bagian Panasbumi ESDM di Kecamatan Bittuang, Kabupaten Tana Toraja, Provinsi Sulawesi Selatan pada tanggal 4 Agustus-22 September 2009.

Secara administratif daerah Bittuang masuk dalam wilayah Kecamatan Bittuang, Kabupaten Tana Toraja, Provinsi Sulawesi Selatan. Daerah ini terletak pada koordinat antara $119^{\circ} 36' 56,52''$ – $119^{\circ} 45' 08,64''$ BT dan $2^{\circ} 51' 50,76''$ LS - $3^{\circ} 0' 05,40''$ LS atau 791.000 – 807.000 mT dan 9.683.000 – 9.668.000 mS dalam proyeksi UTM, WGS 84, dengan luas sekitar (15×15) km².

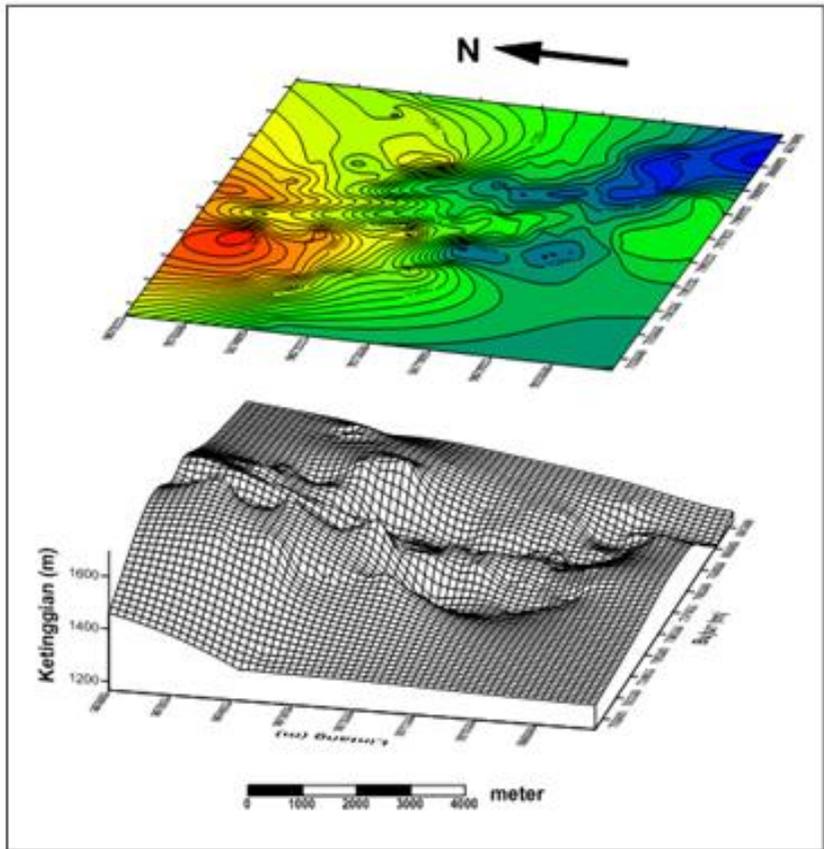


Gambar 3.1. Peta lokasi daerah Bittuang (Tim survey geologi, PMG, 2009)

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat Magnetometer jenis *Proton Precision Magnetometer* (PPM). Lintasan pengambilan data terdiri dari tujuh lintasan yaitu lintasan A,B,C,D,E,F, dan G sebanyak 178 titik pengambilan data. Letak titik pengukuran data yang dikorelasikan dengan kontur ketinggian di daerah Bittuang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Titik akuisisi data yang dikorelasikan dengan kontur ketinggian



Gambar 3.3. Kontur ketinggian daerah penelitian dan penyebaran titik amat magnetik (atas) dan penampang 3D dari ketinggian (bawah)

3.2 Peralatan

Dalam penelitian ini akan digunakan beberapa peralatan yang menunjang untuk mendapatkan data anomali magnetik dan menginterpretasikannya. Adapun beberapa peralatan tersebut antara lain:

1. Magnetometer jenis *Proton Precision Magnetometer* (PPM) yang digunakan untuk mengukur nilai kuat medan magnetik total.

2. *Global Positioning System* (GPS) digunakan untuk mengukur posisi titik pengukuran yang meliputi bujur, lintang, ketinggian, dan waktu
3. Peta geologi daerah pengamatan
4. Alat pengukur panjang (meteran)
5. Perangkat komputer dengan instalasi *software* MS. Word, MS. Excel, Surfer 8, magpick, dan Mag2DC.
6. Peralatan pendukung yang meliputi penunjuk waktu, peralatan tulis.

3.3 Data Penelitian

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Lintasan dan titik ukur.
2. Letak koordinat titik pengamatan (*latitude* dan *longitude*).
3. Ketinggian titik pengamatan.
4. Waktu pengambilan data (jam dan menit)
5. Nilai intensitas magnetik tiap titik ukur
6. IGRF daerah pengamatan
7. Variasi harian

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini meliputi tahap pengolahan data dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data. Berikut ini adalah penjelasan mengenai tahap-tahap dalam metode magnetik mulai dari tahap pengambilan data sampai pada tahap akhir yaitu interpretasi data.

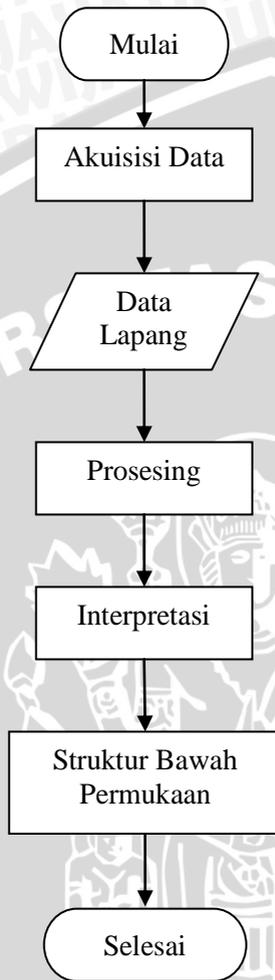
3.4.1 Pengambilan Data

Penelitian ini menganalisa data sekunder berupa data magnetik dan geologi daerah penelitian. Pengambilan data primer dilakukan di daerah Bittuang, Provinsi Sulawesi Selatan pada tanggal 4 Agustus sampai 22 September 2009. Data sekunder yang diproses untuk mendapatkan nilai anomali magnetik antara lain: letak koordinat titik pengambilan data (*latitude* dan *longitud*), ketinggian titik pengamatan, pembacaan nilai magnetik tiap titik ukur dan nilai variasi harian. Kemudian data diolah dengan melakukan beberapa tahapan untuk mendapatkan nilai anomali magnetik residual dan anomali magnetik pseudogravitasi

3.4.2 Pengolahan Data

Untuk memperoleh nilai anomali medan magnetik yang diinginkan, maka dilakukan koreksi terhadap data medan magnetik total hasil pengukuran pada setiap titik lokasi atau stasiun pengukuran, yang mencakup koreksi harian, IGRF dan koreksi efek regional. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* MS. Excel untuk memperoleh nilai anomali magnetik total. Setelah diperoleh nilai anomali Magnetik total, data kemudian diolah menggunakan program Surfer 8 dan Magpick untuk memperoleh kontur reduksi bidang datar, kontur kontinuitas keatas, kontur anomali sisa (residual), kontur pseudogravitasi dan kontur gradien horisontal. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan peta geologi daerah Bittuang dan sekitarnya sehingga pada akhirnya dapat dilakukan pemodelan untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan dengan menggunakan program Mag2Dc. Berikut ini adalah diagram alir dari tahapan yang dilakukan dalam penelitian.





Gambar 3.4. Diagram alir penelitian.



Gambar 3.5. Diagram alir pengolahan data magnetik dan interpretasi data magnetik.

3.4.3 Penggambaran pola anomali magnetik

Nilai anomali magnetik yang telah diperoleh kemudian dibuat konturnya. Data masukan berupa nilai lintang, bujur serta nilai anomali magnet untuk setiap titik ukur. Setelah itu digambar kontur anomali magnetik total pada topografi, kemudian direduksi ke bidang datar dan di kontinuasi keatas untuk mendapatkan nilai anomali residual, setelah di dapat kontur anomali residual maka dapat di gambar pula kontur anomali magnetik pseudogravitasi dan gradien horisontal sehingga dapat digambarkan pola anomalinnya. Dari kontur anomali sisa dan gradien horisontal dapat dijadikan acuan pengambilan lintasan untuk pemodelan geologi bawah permukaan.

3.4.4 Pemodelan Geologi

Pada tahap pemodelan, data yang diolah berupa nilai anomali dan jarak lintasan pada penampang yang telah dibuat. Penarikan penampang anomali ini dapat menggunakan program Surfer 8 maupun secara manual. Dalam hal ini penulis menggunakan program surver 8 sehingga secara otomatis diperoleh berupa data jarak dan nilai anomali magnetik yang merupakan data masukan untuk program Mag2Dc sebagai suatu penampang anomali. Setelah model anomali tergambar, maka dapat dilakukan pemodelan struktur bawah permukaan dengan memasukkan nilai inklinasi, deklinasi, dan suseptibilitas batuan, ketebalan lapisan (kedalaman) batuan tertentu yang disesuaikan dengan peta geologi daerah setempat (Pedley, 1991).

3.5.5. Interpretasi

Secara umum interpretasi data geomagnetik terbagi menjadi dua, yaitu interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali medan magnetik yang bersumber dari distribusi benda-benda termagnetisasi atau struktur geologi bawah permukaan bumi, sedangkan interpretasi secara kuantitatif menafsirkan pola anomali medan magnetik yang dihasilkan berdasarkan informasi geologi setempat dalam bentuk distribusi benda magnetik atau struktur geologi, yang dijadikan dasar pendugaan terhadap keadaan geologi yang sebenarnya.

Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk atau model dan kedalaman benda anomali atau struktur geologi

melalui pemodelan, kemudian setelah lokasi anomali diperkirakan dengan interpretasi kualitatif tersebut di atas, maka ditarik garis penampang untuk interpretasi kuantitatif dengan menggunakan metode Manik Talwani 2.5D metode poligon benda bentuk sembarang (Cooper, 2003) dengan memanfaatkan program Mag2DC.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode geomagnetik adalah salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat kemagnetan bumi. Menggunakan metode ini diperoleh kontur yang menggambarkan distribusi suseptibilitas batuan di bawah permukaan pada arah horisontal. Dari nilai suseptibilitas selanjutnya dapat dilokalisasi atau dipisahkan batuan yang mengandung sifat kemagnetan dan yang tidak.

Agar dapat dilakukan interpretasi, maka data hasil pengukuran lapangan perlu diolah. Pengolahan data magnetik adalah untuk mendapatkan harga anomali magnetik dari satu titik amat yang ditimbulkan oleh kemagnetan batuan hasil induksi medan luar dan medan magnetik bumi.

Pemisahan anomali regional dan lokal merupakan tahap yang sangat penting dilakukan pada geomagnetik (Cady, 1980). Pengolahan data dimulai dengan melakukan koreksi IGRF (*International Geomagnetiks Reference Field*) dan koreksi variasi harian untuk mendapatkan anomali medan magnetik total di topografi, kemudian anomali medan magnetik total di topografi direduksi ke bidang datar pada ketinggian 1400 meter di atas permukaan laut, kemudian dilakukan pemisahan anomali regional dan anomali lokal dengan melakukan kontinuitas ke atas. Anomali medan magnetik lokal selanjutnya diinterpretasi.

4.1 Interpretasi Kualitatif

Secara umum interpretasi data geomagnetik terbagi menjadi dua, yaitu interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Interpretasi kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali medan magnetik yang bersumber dari distribusi benda-benda termagnetisasi atau struktur geologi bawah permukaan bumi, dengan kata lain interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisa peta kontur anomali medan magnetik residual dengan hasil yang diperoleh berupa lokasi benda penyebab anomali magnetik berdasarkan klosur kontur.

4.1.1 Pengolahan Data Anomali Magnetik

Intensitas magnetik total yang diukur di lapangan terdiri dari 2 komponen bersuperposisi, yaitu komponen anomali regional dan komponen anomali lokal (residual). Komponen anomali regional memberikan informasi mengenai benda sumber anomali pada kedalaman yang besar, sedangkan komponen anomali lokal memberikan informasi sebaliknya, yaitu benda sumber anomali pada kedalaman yang lebih kecil (dangkal). Untuk mendapatkan nilai anomali magnetik total dari data tersebut dilakukan beberapa koreksi yaitu koreksi diurnal dan koreksi IGRF, kemudian untuk mendapatkan nilai magnetik residual dilakukan koreksi efek regional dengan mereduksi ke bidang datar, dan kontinuitas ke atas. Anomali residual yang dihasilkan dapat diinterpretasi, untuk memudahkan interpretasi anomali magnetik dilakukan transformasi pseudogravitasi dan gradien horisontal. Pseudogravitasi dan gradien horisontal digunakan untuk membantu melokalisasi anomali, sedangkan untuk keperluan interpretasi kuantitatif dilakukan pengambilan garis penampang dari kontur anomali medan magnetik residual, untuk selanjutnya dilakukan interpretasi kuantitatif atau pemodelan geologi bawah permukaan dengan memanfaatkan program Mag2DC (Cooper, 2003).

4.1.2 Koreksi Diurnal

Koreksi *diurnal* (harian) merupakan penyimpangan intensitas medan magnetik bumi yang disebabkan oleh adanya perbedaan waktu pengukuran dan posisi sinar matahari dalam satu hari. Koreksi *diurnal* dapat diperoleh dengan menghitung variasi intensitas medan magnetik total pada *base station* dikurangi dengan harga awal pengukuran (interpolasi linier terhadap waktu), dengan rumusan sebagai berikut:

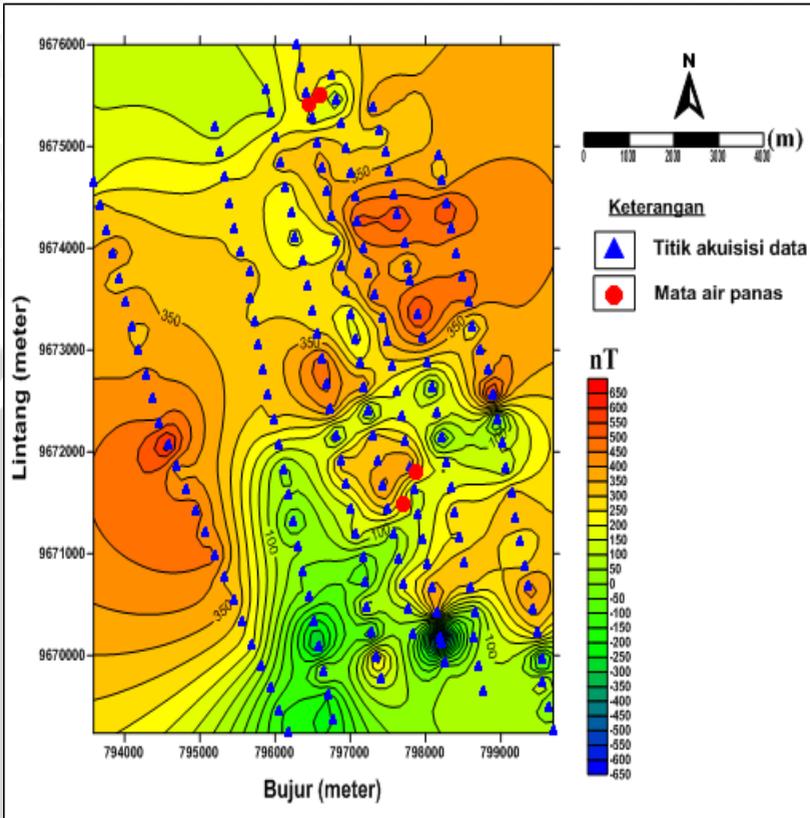
$$H_D = \frac{(t_n - t_{aw})}{(t_{ak} - t_{aw})} (H_{ak} - H_{aw}) \dots \dots \dots (4.1)$$

dimana H_D menyatakan intensitas medan magnetik total, t_n menyatakan waktu, indeks n menyatakan nomor data, indeks aw menyatakan data awal, dan indeks ak menyatakan data akhir.

4.1.3 Koreksi IGRF

Data hasil pengukuran medan magnetik pada dasarnya adalah kontribusi dari tiga komponen dasar, yaitu medan magnetik utama bumi, medan magnetik luar dan medan anomali. Nilai medan magnetik utama tidak lain adalah nilai IGRF. Jika nilai medan magnetik luar dihilangkan dengan koreksi harian, maka kontribusi medan magnetik utama dihilangkan dengan koreksi IGRF. Koreksi IGRF dapat dilakukan dengan cara mengurangi nilai IGRF terhadap nilai medan magnetik total yang telah terkoreksi harian pada setiap titik pengukuran pada posisi geografis yang sesuai. Persamaan koreksinya (setelah dikoreksi harian) mengacu pada persamaan (2.5).

Harga matematis IGRF adalah suatu ketetapan yang dilakukan perubahan setiap lima tahun sekali. Dalam penelitian ini digunakan IGRF untuk tahun 2004 yaitu pada daerah penelitaian dengan nilai 42270. Data anomali medan magnetik yang sudah dikoreksi diurnal dan IGRF ini untuk selanjutnya dapat dibuat peta kontur anomali medan magnetik total yang masih terpapar pada topografi sebagaimana gambar 4.1.

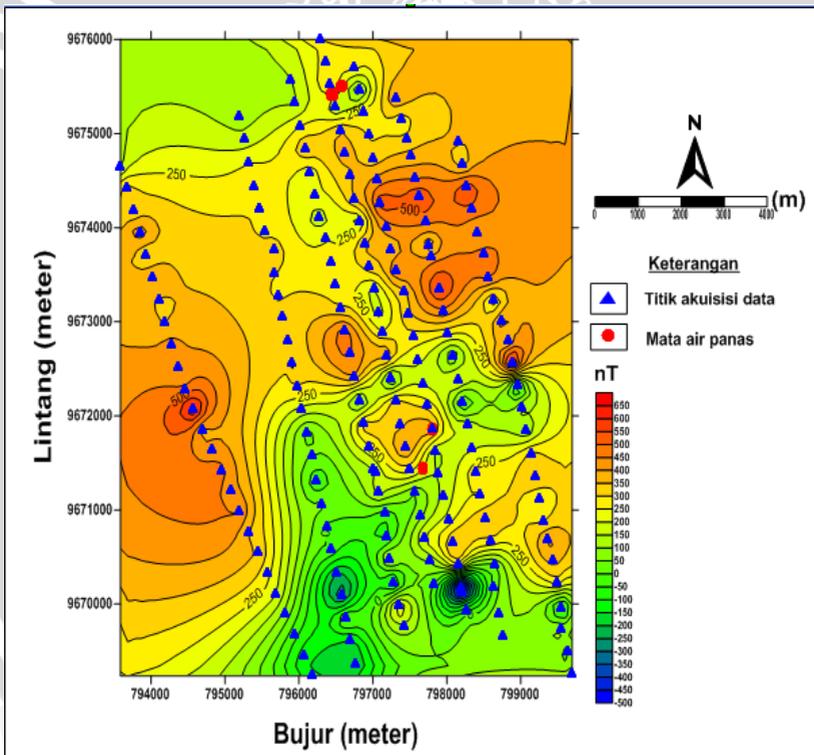


Gambar 4.1. Kontur anomali medan magnetik total di topografi.
Interval kontur 50 nT

Gambar 4.1. merupakan kontur anomali magnetik total yang di dapat setelah koreksi IGRF dan koreksi harian (*diurnal*). Skala warna pada Gambar 4.1. menunjukkan nilai anomali magnetik total pada daerah penyelidikan berada pada kisaran nilai 450 nT sampai -450 nT dengan warna merah menunjukkan nilai tinggi dan warna biru menunjukkan nilai rendah. Kontur anomali magnetik total merupakan gabungan dari anomali lokal (target penyelidikan) dan anomali regional yang tidak berhubungan dengan target survei sehingga harus dihilangkan.

4.1.4 Reduksi Bidang Datar

Untuk mempermudah proses interpretasi data magnetik, maka data anomali medan magnetik total yang masih tersebar di topografi harus direduksi atau dibawa ke bidang datar dan di kontinusi ke atas. Proses transformasi ini dilakukan karena intensitas medan magnetik dapat dipengaruhi oleh medan magnetik yang ditimbulkan oleh pengaruh permukaan yang termagnetisasi terhadap harga medan hasil pengamatan. Untuk memperkecil pengaruh topografi ini dilakukan suatu koreksi dengan cara melakukan kontinuitas ke atas. Untuk itu data terlebih dahulu dibawa ke bidang datar, tepatnya ditengah-tengah topografi (untuk mempercepat konvergensi) (Blakely, 1995). Kontur anomali medan magnetik total di bidang datar ($Z_0=1400\text{m}$) digambarkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Kontur anomali medan magnetik total di bidang datar ($Z_0=1400\text{m}$). Interval kontur 50 nT

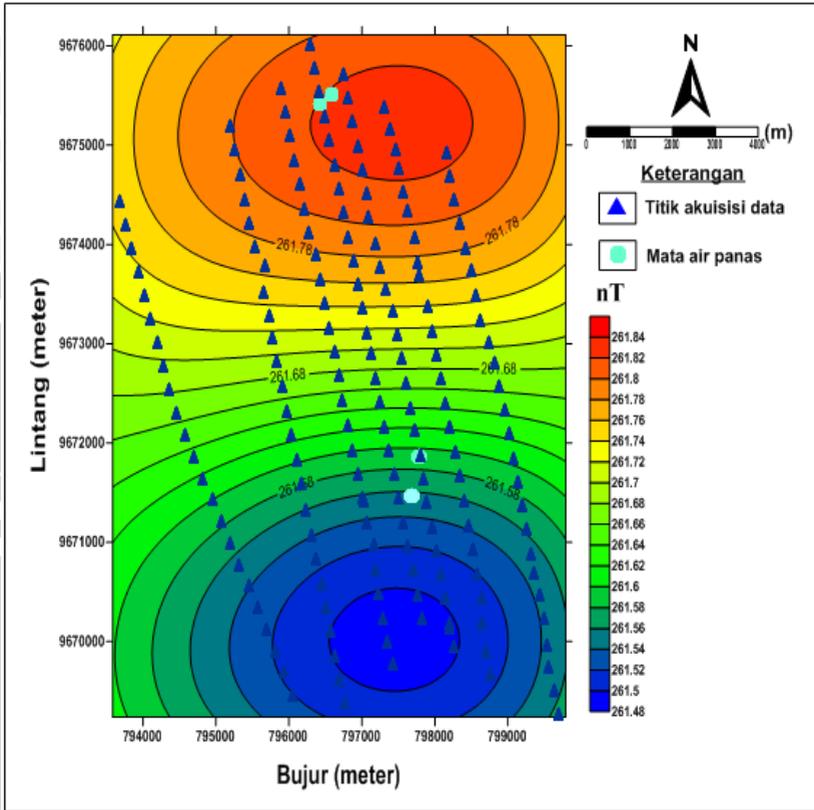
Gambar 4.2. merupakan kontur anomali magnetik total di bidang datar yang diperoleh dari transformasi data magnetik terpapar pada topografi ke data magnetik di bidang datar yang terletak di tengah-tengah topografi (z_0) yaitu pada bidang datar dengan ketinggian 1400 meter karena pada proses proyeksi ke bidang datar harus memperhatikan penentuan posisi ketinggian sumber ekuivalen agar terhindar dari terjadinya *aliasing* dan osilasi yang besar pada saat menentukan medan magnetik di bidang datar (Dampney, 1969).

Anomali yang didapat setelah diproyeksikan ke bidang datar tersebut masih merupakan gabungan antara anomali lokal dan anomali regional. Interpretasi semestinya hanya dilakukan terhadap anomali lokal saja. Karenanya anomali lokal harus dipisahkan dari anomali regional.

4.1.5 Kontinuitas ke Atas

Kontinuitas ke atas atau *upward continuation* merupakan proses transformasi data medan potensial dari suatu bidang datar ke bidang datar lainnya yang lebih tinggi. Pada pengolahan data geomagnetik, proses ini dapat berfungsi sebagai filter tapis rendah, yaitu untuk menghilangkan atau mereduksi efek magnetik lokal yang berasal dari berbagai sumber benda magnetik yang tersebar di permukaan topografi yang tidak terkait dengan survei. Proses pengangkatan tidak boleh terlalu tinggi, karena ini dapat mereduksi anomali magnetik lokal yang bersumber dari benda magnetik atau struktur geologi yang menjadi target survei magnetik ini.

Kontinuitas ke atas merupakan salah satu metode yang sering digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan bising (noise) yang ditimbulkan oleh benda-benda pada dekat permukaan. Untuk melakukan kontinuitas ke atas, dapat dilakukan dengan menggunakan kontinuitas *surface to surface* dari data yang sudah direduksi ke bidang datar (Blakely, 1995). Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan program Magpick yang mengimplementasikan integral kontinuitas.

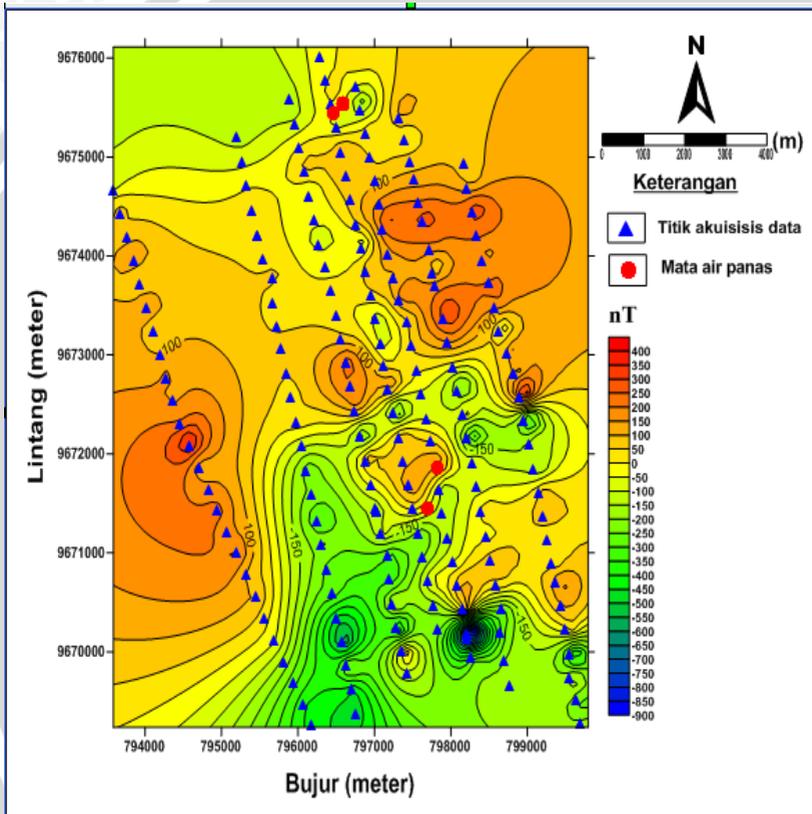


Gambar 4.3. Kontur anomali magnetik total regional setempat kontinuasi pada 10000 m. Interval kontur 0,2 nT

Gambar 4.3. merupakan kontur anomali magnetik total setelah kontinuasi pada ketinggian 1000 m yang memperlihatkan dua hasil sekaligus, yaitu mereduksi pengaruh topografi setelah di reduksi ke bidang datar pada ketinggian 1400 m dan menampilkan efek regional dari daerah pengukuran untuk kontinuasi 10000 m. Hingga langkah ini diperoleh data medan magnetik total yang sudah terbebas dari pengaruh diurnal, IGRF, topografi dan medan regional, sehingga yang tersisa hanya akibat benda penyebab anomali saja.

4.1.6 Anomali Residual

Dengan mengurangi anomali hasil kontinuitas ke atas 10000 m pada anomali hasil observasi setelah koreksi diurnal dan IGRF (anomali magnetik total), maka diperoleh kontur medan magnetik akibat pengaruh benda anomali saja sebagai berikut:



Gambar 4.4. Kontur anomali magnetik residual interval kontur 50 nT

Kontur anomali magnetik residual menggambarkan pola dan karakteristik dari sebaran nilai pengukuran, perlapisan batuan dan struktur yang ada dilapangan berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan, nilai anomali magnetik residual pada daerah penelitian berada pada kisaran -900 nT hingga 400 nT. Bervariasinya nilai anomali magnetik residual tersebut disebabkan karena adanya

ketidakseragaman material bawah permukaan pada daerah penelitian. Variasi nilai medan residual ini dibagi ke dalam anomali magnetik rendah atau negatif (≤ 0 nT) dan anomali tinggi atau positif (> 0 nT). nilai anomali magnetik positif pada daerah penyelidikan ditafsirkan sebagai batuan yang bersifat magnetik dan nilai anomali magnetik negatif ditafsirkan sebagai batuan yang bersifat non magnetik atau demagnetisasi.

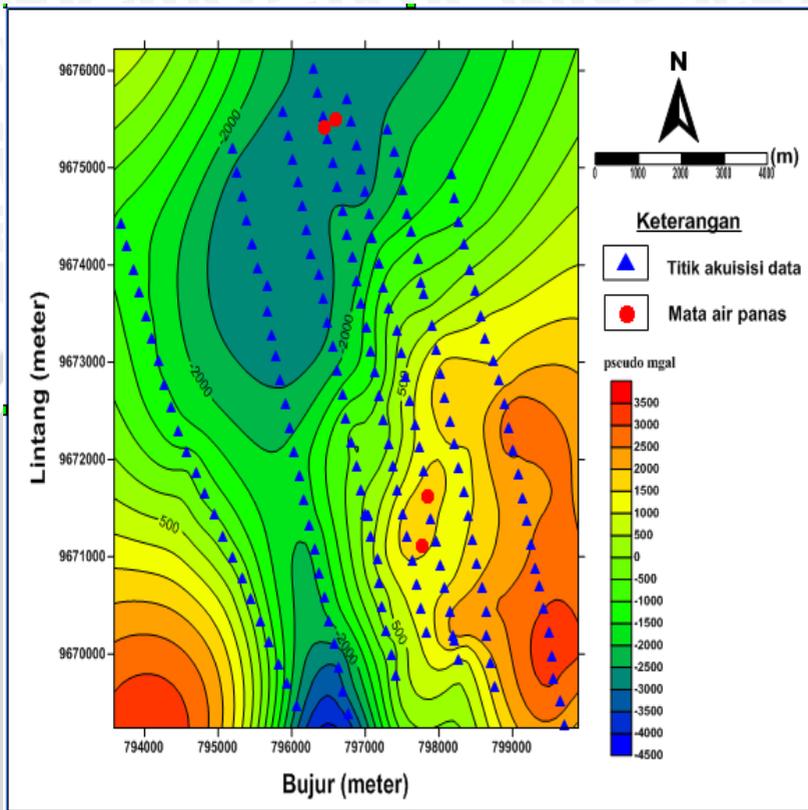
Pada penyelidikan geomagnetik untuk panasbumi target anomali magnetik yang diharapkan adalah anomali rendah karena anomali rendah tersebut berkaitan dengan demagnetisasi batuan akibat panas yang dilepaskan dari suatu lapangan panasbumi, sedangkan anomali tinggi tidak merupakan sasaran dalam penelitian panasbumi, dengan demikian aspek anomali rendah lebih diutamakan di dalam penelitian ini.

Dari pola sebaran dan karakteristik dari pembacaan peta anomali magnetik residual dapat diketahui bahwa nilai anomali magnetik residual rendah mendominasi daerah penelitian di sebelah Barat Laut yang membesar nilainya ke arah Tenggara dan disebelah Selatan, ditafsirkan sebagai batuan non magnetik atau batuan yang mengalami demagnetisasi berupa batuan ubahan akibat fluida panasbumi.

4.1.7 Pseudogravitasi

Interpretasi secara kuantitatif didasarkan atas hasil analisis pseudogravitasi dan gradien horisontal. Sebelum dilakukan analisis gradien horisontal, data magnetik yang merupakan data dipol harus diubah menjadi data monopole dengan menggunakan filter pseudogravitasi.

Pseudogravitasi merupakan gambaran analogis data gravitasi untuk benda dengan densitas yang memiliki kesebandingan dengan magnetisasi. Transformasi pseudogravitasi merupakan strategi yang sangat berguna dalam penginterpretasian anomali magnetik, karena anomali pseudogravitasi lebih mudah diinterpretasikan daripada anomali magnetik.



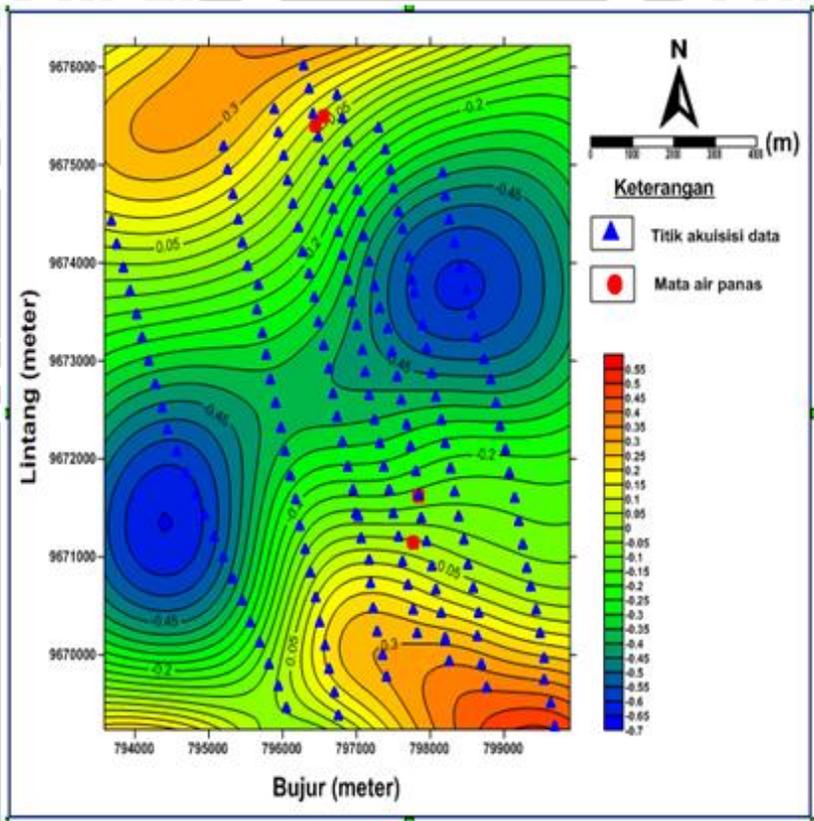
Gambar 4.5. Kontur anomali pseudogravitasi. Interval kontur 500 pseudo mgal

Gambar 4.5. merupakan kontur anomali pseudogravitasi dari kontur anomali magnetik residual (Gambar 4.4.) yang didapat dari mentranformasi data anomali residual menjadi data pseudogravitasi dengan skala warna menunjukkan nilai pseudogravitasi dalam pseudo mgal per meter.

4.1.8 Gradien Horisontal

Untuk mendapatkan informasi umum mengenai lokasi dari benda anomali, maka dari data pseudogravitasi dicari gradien horisontalnya. Gradien horisontal dapat digunakan untuk mengkarakterisasi anomali gravitasi agar melokalisasi perubahan

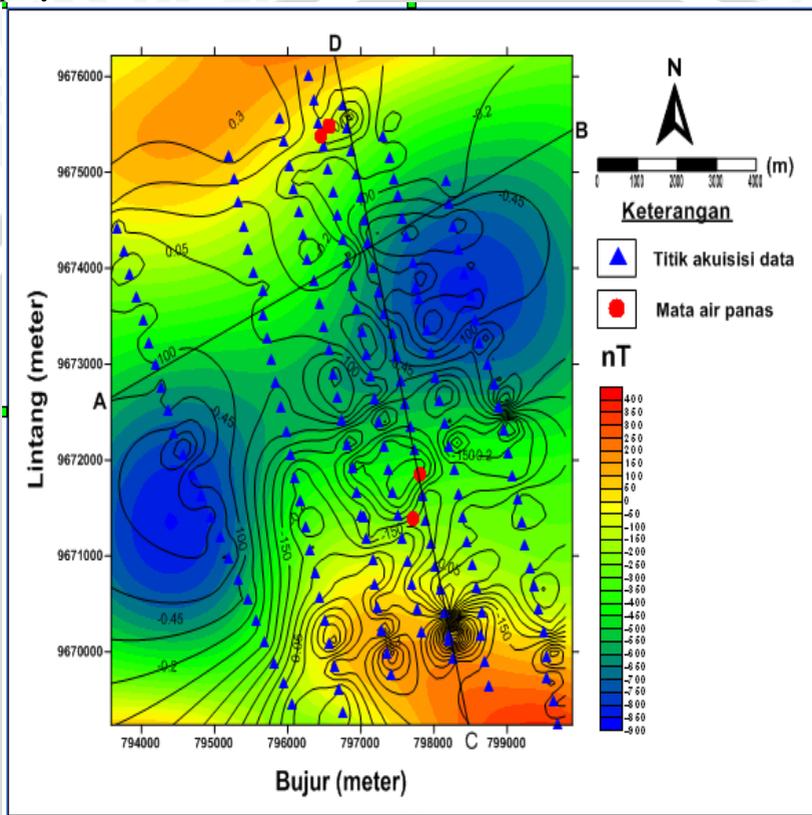
densitas tiba-tiba ke arah lateral secara langsung dari pengukuran gravitasi. Teknik ini juga dapat diaplikasikan untuk pengukuran magnetik yang ditransformasi ke anomali pseudogravitasi.



Gambar 4.6. Kontur anomali gradien horisontal.
Interval kontur 0,05

Kontur anomali gradien horisontal dapat memperkirakan letak benda penyebab anomali, dengan menganalisis skala warna yang memberikan gambaran kualitatif mengenai lokasi benda penyebab anomali. Dalam interpretasi magnetik dengan transformasi anomali magnetik ke anomali pseudogravitasi dapat dilakukan dengan meneliti gradien horisontal maksimum dari anomali pseudogravitasinya (Blakely, 1995). Dari analisis pola sebaran

kontur gradien horisontal, nilai maksimum mendominasi daerah penyelidikan sebelah Barat Laut dan Tenggara yang diidentifikasi sebagai zona potensi panasbumi di daerah penyelidikan.



Gambar 4.7. Over lapping kontur anomali residual Bittuang dan kontur gradien horisontal serta pengambilan garis-garis penampang untuk interpretasi.

Pada gambar kontur anomali residual Bittuang yang dikorelasikan dengan kontur gradien horisontal (Gambar 4.7), terlihat kesesuaian, pada kontur anomali residual anomali rendah ditafsirkan sebagai daerah prospek panasbumi, sedangkan untuk kontur gradien horisontal dari pseudogravitasi yang menjadi target anomali terdapat pada gradien horisontal maksimum. Dari hasil tersebut dapat

ditafsirkan bahwa daerah prospek panasbumi berada pada di bagian Barat Laut dan di bagian Tenggara.

4.2 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan permodelan benda anomali dengan menggunakan metode yang diajukan oleh Talwani dkk (1959) tentang permodelan benda 2,5 dimensi yang telah dibuat dalam satu paket program *Mag2DC for Windows*. Selanjutnya pola anomali medan magnetik yang dihasilkan di tafsirkan berdasarkan informasi geologi setempat dalam bentuk struktur geologi, yang dijadikan dasar pendugaan terhadap keadaan geologi yang sebenarnya. Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk menentukan bentuk atau model dan kedalaman benda anomali atau struktur geologi melalui pemodelan matematis. Prinsip kerja dari program *Mag2DC* adalah menyamakan bentuk dari anomali pengamatan (yang berupa garis putus-putus) dengan anomali perhitungan (yang berupa garis tegas).

Interpretasi kuantitatif dilakukan berdasarkan hasil penafsiran kualitatif sehingga dapat menentukan bagian-bagian penampang anomali yang menarik untuk memperkirakan struktur geologi bawah permukaannya. Namun dalam interpretasi kuantitatif terdapat ambiguitas karena beragam model dapat dihasilkan karena adanya parameter suseptibilitas, geometri dan kedalaman yang tidak pasti. Sehingga diperlukan data pendukung berupa data geologi daerah penelitian, data bor, data suseptibilitas batuan dan data geofisika lainnya.

Pemodelan dilakukan dengan metode *trial and error* sehingga dalam pengerjaannya harus diiterasi sampai didapatkan ralat (*error*) terkecil. Perhitungan ralat model ini menurut (Sunaryo,2001) menggunakan rumus :

$$R_M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{XL_i - XM_i}{XL_i} \times 100\% \dots\dots\dots(4.2)$$

dengan : R_M = ralat rata-rata model terhadap data lapangan

XL = data lapangan (terukur)

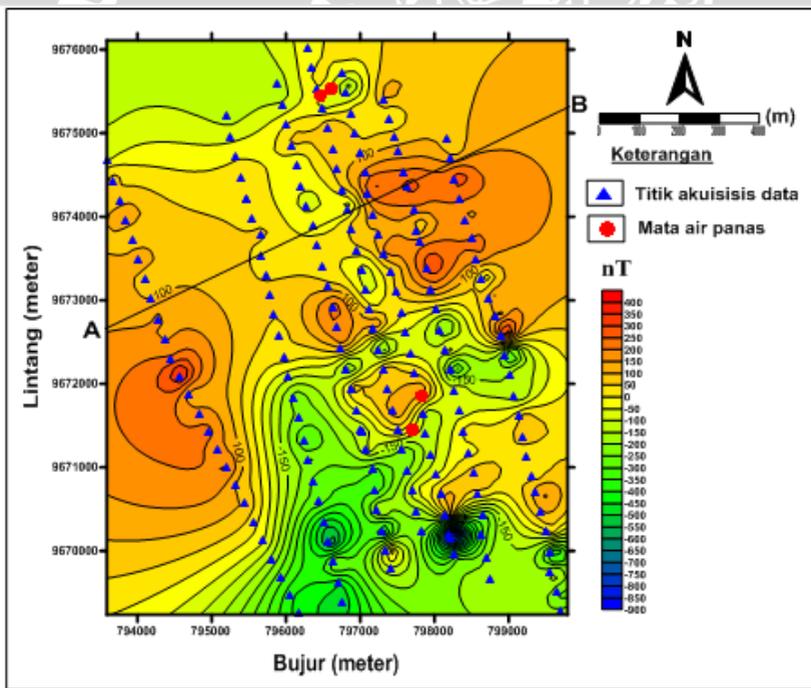
XM = data model (terhitung)

n = jumlah data

Model anomali magnetik residual pada profil AB dan CD yang dibuat dengan menggunakan software Mag2DC, dimana parameter inputnya adalah inklinasi, deklinasi dan IGRF (medan magnetik utama bumi). Pada daerah penelitian ini harga inklinasi dan deklinasi berturut-turut $-23,25^\circ$ dan $1,46^\circ$ dan IGRF daerah penelitian yaitu 42270 nT.

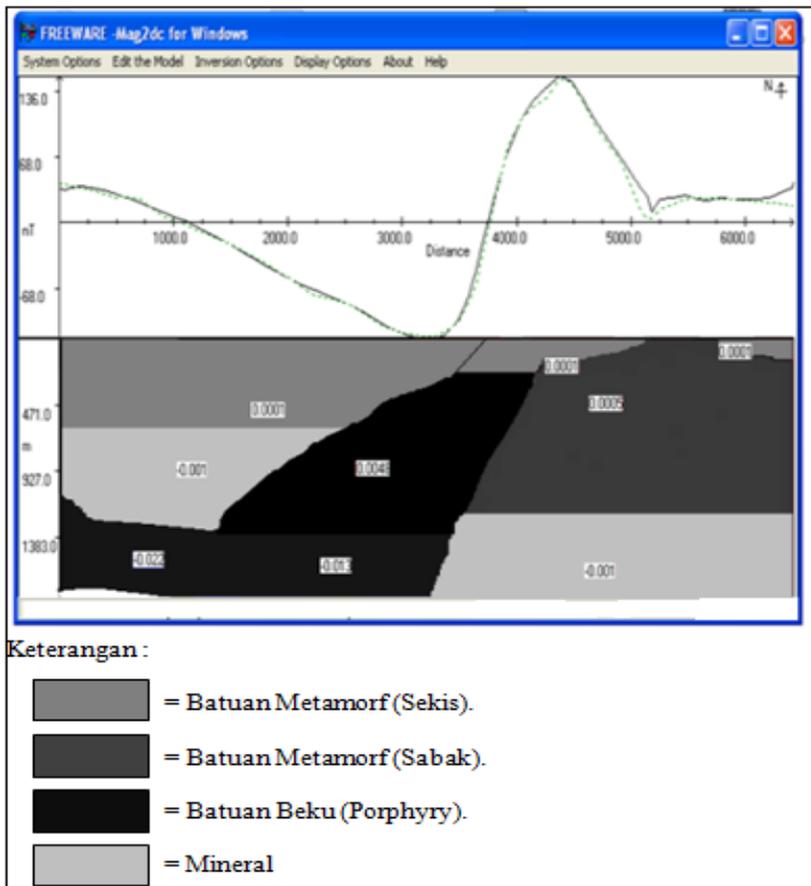
4.2.1 Interpretasi Kuantitatif Penampang Anomali Magnetik Lintasan AB

Penampang melintang anomali residual lintasan AB diambil berdasarkan peta geologi dan hasil penafsiran kualitatif pola kontur anomali residual yang telah dikorelasikan dengan kontur gradien horizontal. Kontur anomali residual dengan model lintasan AB dapat digambarkan pada Gambar 4.8. berikut.



Gambar 4.8. Lintasan Pemodelan anomali residual AB.

Pada Gambar 4.8. merupakan kontur anomali residual lintasan AB dengan skala warna pada gambar menunjukkan nilai anomali magnetik residualnya. Lintasan AB diambil dari arah Barat sampai Timur Laut, berdasarkan peta geologi (Gambar 2.1) lintasan ini memotong struktur sesar yang mengontrol kemunculan manifestasi panasbumi di daerah penyelidikan yaitu sesar Balla dan sesar Tambolangi. Model penampang melintang anomali residual lintasan AB dapat digambarkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. Model penampang melintang anomali residual AB.

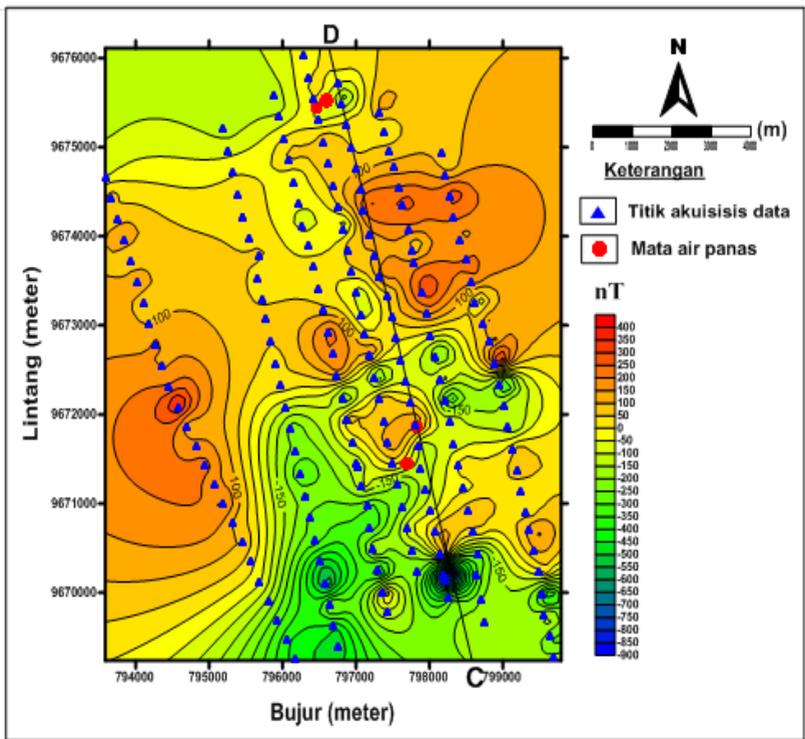
Gambar 4.9. merupakan hasil pemodelan penampang melintang anomali residual dari lintasan AB, dimana pada sumbu Y positif merupakan nilai anomali pengamatan (dalam nT), sumbu Y negatif merupakan kedalaman (yang mencapai 1825 m) sedangkan sumbu X merupakan nilai jarak lintasan (yang mencapai 6500 meter atau 6.5 km).

Pada penampang melintang anomali residual lintasan AB pada Y positif memperlihatkan bentuk kurva berupa pola tinggian dan rendahan yang menunjukkan nilai anomali residual yang dilewati oleh lintasan AB dengan nilai terendah yaitu -118 nT dan nilai tertinggi yaitu 149 nT. Pada Y negatif memperlihatkan bentuk model bawah permukaan dari lintasan AB. Berdasarkan analisis penampang model lintasan AB memperlihatkan ketidakteraturan batuan bawah permukaan diketahui bahwa lapisan teratas merupakan batuan *metamorf* dengan nilai suseptibilitas 0.0001 cgs dengan ketebalan bervariasi dari 0 sampai 900 m, di bagian bawahnya merupakan tubuh batuan beku dan mineral, ralat rata-rata model terhadap data lapangan adalah 8.57%.

Pada penampang lintasan AB juga memperlihatkan adanya struktur rekahan dan batuan terobosan. Pola rendahan membentang sepanjang 1 km sampai 3,75 km ke arah Timur Laut yang di indikasikan sebagai batuan terobosan dari batuan beku porphyry, sedangkan pola anomali tinggian membentang dari jarak 3,75 km sampai 6,50 km ke arah Timur Laut. Pola rendahan ini bisa disebabkan oleh adanya intrusi batuan yang menerobos batuan sekis sampai lapisan vulkanik. Hal ini akibat dari adanya rekahan batuan akibat alterasi oleh panasbumi. Adanya batuan terobosan di daerah tersebut ditandai dengan nilai anomali rendah, adanya batuan terobosan dapat dijadikan sebagai jalan keluar bagi fluida-fluida panasbumi ke permukaan berupa mata air panas. Semakin ke arah timur laut diindikasikan adanya sesar-sesar naik yang terlihat dengan nilai anomali residual yang semakin meningkat.

4.2.2 Interpretasi Kuantitatif Penampang Anomali Magnetik Lintasan CD

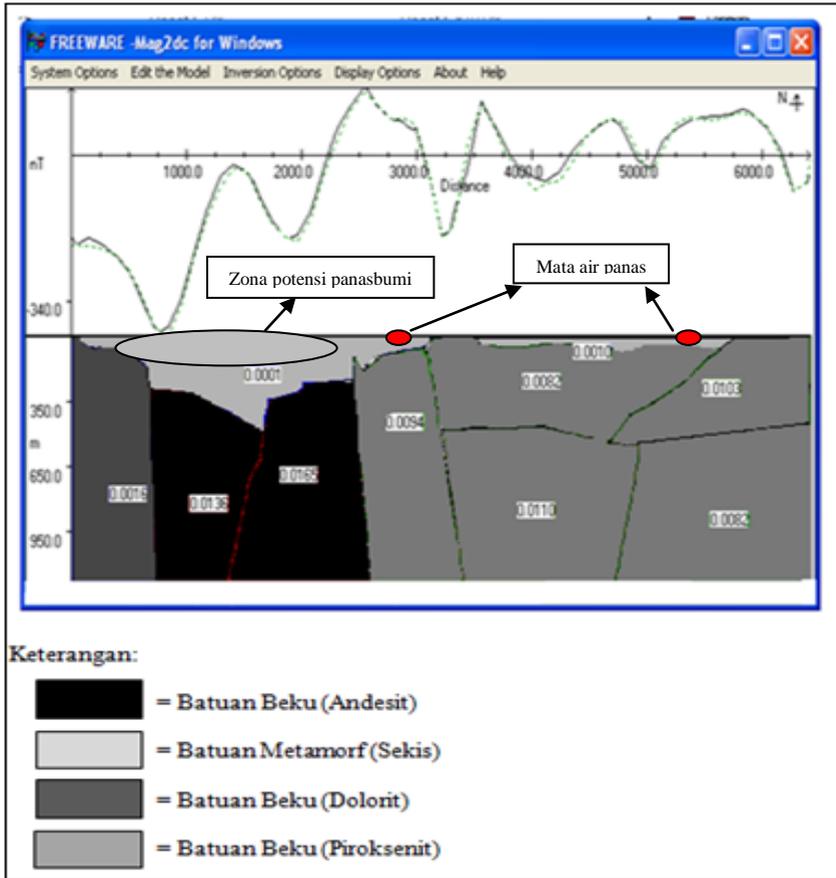
Penampang melintang anomali residual lintasan CD diambil berdasarkan hasil penafsiran kualitatif pola kontur anomali residual yang dikorelasikan dengan kontur gradien horisontal yang diperkirakan melewati anomali residual rendah di sebelah Tenggara yang diindikasikan sebagai daerah prospek panasbumi. Kontur anomali residual dengan model lintasan AB dapat digambarkan pada Gambar 4.8. berikut.



Gambar 4.10. Lintasan pemodelan anomali residual CD.

Gambar 4.10. merupakan kontur anomali residual lintasan CD. Lintasan CD diambil dari arah Tenggara sampai Utara dengan alasan untuk mengetahui struktur bawah permukaan pada daerah

dengan anomali rendah dan bawah permukaan tempat keluarnya manifestasi panasbumi di sebelah Tenggara dan Utara. Model penampang melintang anomali residual lintasan CD dapat digambarkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Model penampang melintang anomali residual CD.

Seperti halnya model penampang melintang anomali residual AB, pada penampang melintang anomali residual CD sumbu Y positif memperlihatkan bentuk kurva berupa pola tinggian dan rendahan yang menunjukkan nilai anomali residual yang dilewati oleh lintasan CD dengan nilai terendah yaitu -144 nT dan nilai

tertinggi yaitu -420 nT, dengan panjang lintasan 6500 meter atau 6.5 km yang ditunjukkan pada sumbu X, kedalaman maksimumnya 1200 m di bawah permukaan laut dan ralat rata-rata model terhadap data lapangan adalah 7.6%.

Pola yang tergambar mencerminkan struktur geologi permukaan yang ditandai dengan adanya struktur batuan intrusi. Lapisan teratas merupakan batuan *metamorf* dengan nilai susceptibilitas 0.0001 cgs di bagian bawahnya merupakan tubuh batuan beku. Pola anomali residual rendah berada pada jarak 0 km sampai 2,25 km yang dikarenakan adanya batuan intrusi dari batuan beku sekis. Pola anomali residual tinggi berada pada jarak 2,25 km sampai 3 km yang mengindikasikan adanya intrusi dari batuan piroksenit, sedangkan pada jarak 3 km sampai 6,5 km terlihat adanya struktur sesar dari batuan beku peroksenit. Dari pemodelan penampang melintang anomali residual CD maka dapat diperkirakan bentuk struktur yang diindikasikan sebagai jalan keluar dari manifestasi panasbumi di daerah Bittuang, dimana manifestasi panasbumi berupa mata air panas di sebelah Tenggara diperkirakan dari potensi panasbumi di sebelah Tenggara dan mata air di sebelah Utara diperkirakan dari potensi panasbumi di sebelah Barat Laut.

Berdasarkan bentuk pemodelan dari penampang melintang anomali residual AB dan CD, tampak perbedaan susceptibilitas pada daerah zona depresi dengan daerah sekitar. Perbedaan susceptibilitas dapat diindikasikan karena perbedaan batuan penyusunnya dan struktur yang ada di bawah permukaan akibat alterasi panasbumi maka batuan yang diindikasikan sebagai jalan keluar dari manifestasi panasbumi pada lintasan CD adalah batuan intrusi peroksenit dan struktur sesar batuan beku peroksenit di sebelah Utara. Dari segi geomorfologi pada daerah panasbumi Bittuang terdapat gunungapi yang menjadi sumber panasbumi yaitu Gunungapi Karua yang terletak di sebelah utara daerah penelitian.

4.3 Analisis Zona Potensi Panasbumi

Analisis dilakukan untuk mengetahui zona potensi panasbumi dan kondisi bawah permukaan. Analisis zona potensi panasbumi didasarkan pada kontur anomali magnetik residual (Gambar 4.4) dan kontur gradien horisontal (Gambar 4.6). Pada kontur anomali residual zona potensi panasbumi diperkirakan berada

pada anomali magnetik rendah pada kisaran nilai 0 nT sampai -700 nT yang menjadi target penelitian yang berada di sebelah Tenggara dan Baratlaut daerah penelitian. Adanya kemunculan manifestasi panasbumi di sekitar sesar yang berarah Tenggara-Baratlaut mengidentifikasi akan adanya potensi panasbumi di kedalaman. Manifestasi panasbumi di daerah penyelidikan terdiri dari 2 lokasi yaitu berada di Desa Bittuang dengan manifestasi panasbumi berupa mata air panas bersuhu $\pm 37^{\circ}\text{C}$ dengan debit air panas ± 1 liter/detik, pH air = 6 – 7, jernih dan tawar serta manifestasi berupa fumarola, bersuhu antara $96 - 98^{\circ}\text{C}$, pH = 4 – 5, jernih, beruap tebal, berbau H_2S tajam dan terdapat endapan sublimat belerang pada air panas. Temperatur bawah permukaan yang diperkirakan berhubungan dengan reservoir panasbumi diperoleh sebesar 200°C , dan termasuk ke dalam entalpi sedang (*medium enthalpy*).

Pemodelan dibuat dari kontur anomali magnetik residual untuk mengetahui struktur geologi bawah permukaan. Penarikan penampang anomali residual AB dan CD mengacu pada penampang anomali residual yang telah dikorelasikan dengan kontur gradien horisontal dan peta geologi daerah penelitian. Berdasarkan interpretasi terhadap pemodelan yang dihasilkan, dapat dilihat adanya korelasi antara model anomali residual magnetik dengan peta geologi daerah panasbumi Bittuang, dimana manifestasi air panas yang terletak di bagian utara dan tenggara terletak pada anomali rendah dan terdapat beberapa struktur sesar dan batuan intrusi yang merupakan jalan keluar fluida-fluida panasbumi ke permukaan berupa mata air panas.

Di daerah gunungapi yang terdapat potensi *geothermal* banyak terdapat sesar akibat aktivitas tektonik. Sesar-sesar tersebut akan mengakibatkan zona rekahan sehingga air hujan akan menerobos masuk melalui rongga-rongga rekahan dan menuju lapisan yang lebih dalam sampai akhirnya bertemu dengan batuan panas. Air yang terakumulasi pada batuan panas tersebut lama kelamaan akan semakin panas kemudian sebagian berubah menjadi uap panas. Akibat perbedaan tekanan antara permukaan bumi dengan bawah permukaan, maka air maupun uap panas akan berusaha mencari jalan keluar menuju permukaan bumi. Air atau uap panas yang muncul ke permukaan bumi tersebut dapat berupa uap panas, mata air panas maupun lumpur panas. Hal tersebut merupakan tanda-

tanda adanya batuan terobosan yang memanaskan batuan reservoir dan merupakan potensi *geothermal* yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi.

Adanya batuan intrusi masih memungkinkan untuk menyimpan panas dari dapur magma. Lokasi manifestasi yang berada pada zona hancuran menyebabkan timbulnya zona depresi atau zona. Zona lemah menimbulkan adanya graben yang bisa diindikasikan sebagai jalan keluar dari fluida *geothermal*. Graben merupakan struktur yang wajar sebagai tempat terjadinya terobosan magma ke permukaan dan membentuk sistem panasbumi. Pada zona depresi, nilai susceptibilitas batuan semakin kecil yang disebabkan karena pada zona tersebut batuan sudah demagnetisasi oleh panasbumi.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, interpretasi dan analisis dengan menggunakan metode magnetik-pseudogravitasi di daerah Bittuang dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan nilai intensitas anomali magnetik yang dipengaruhi oleh tingkat demagnetisasi terhadap batuan, maka anomali magnet di daerah penyelidikan terdiri atas 2 golongan :
 - nilai anomali magnetik tinggi pada daerah penyelidikan ditafsirkan sebagai batuan yang bersifat magnetik mempunyai harga anomali magnetik > 0 ,
 - nilai anomali magnetik rendah ditafsirkan sebagai batuan yang bersifat nonmagnetik atau demagnetisasi, mempunyai harga anomali magnetik ≤ 0 .
2. Daerah potensial panas bumi diinterpretasikan terdapat di daerah anomali magnetik rendah yang mendominasi daerah penelitian di sebelah Barat Laut arah, Tenggara dan disebelah Selatan, pada kisaran nilai 0 sampai -700 nT yang didukung oleh adanya manifestasi-manifestasi air panas di bagian Tengah dan Utara serta dikontrol oleh struktur /esar di daerah tersebut sebagai hasil interpretasi geomagnetik.
3. Daerah yang prospek ditafsirkan berada di bagian ke Barat Laut dan bagian Tenggara yang di dukung dengan adanya batuan intrusi yang diindikasikan sebagai jalan keluar dari fluida geothermal berupa mata air panas.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam penelitian ini disarankan untuk membandingkan metode magnetik-pseudogravitasi dengan metode gravity sehingga dapat diketahui lebih detil mengenai pemodelan geologinya dan penggambaran lokasi panasbumi di daerah penyelidikan.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. *Geomagnet*. www.wordpress.com. Tanggal akses : 4 Desember 2010.
- Anonymous. www.taman.blogsome.com. Tanggal akses: 25 Februari 2010.
- Anonymous. *Kolom Stratigrafi*. www. earthquake.usgs.gov. Tanggal akses: 25 Februari 2010.
- Baranov. 1957. *A new Method for Interpretation of Aeromagnetic Maps, Pseudogravimetric Anomalies*, Geophysics.
- Blakely, R.J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*. Cambridge University Press. USA.
- Breiner, S. 1973. *Applications Manual for Portable Magnetometers*, GeoMetrics 395 Java Drive Sunnyvale, California USA.
- Cady, J.W. 1980, *Calculation of Gravity and Magnetic Anomalies of Finite-Length right Polygonal Prisms*, Geophysics.
- Cooper, G.R.J. 2003. *MAG2DC Program*. School of Geosciences, University of the Witwaterstrand, Johannesburg 2050, S. A.
- Dampney, C.N.G. 1969. *The Equivalent Source Technique*. Geophysics.
- Halliday, Resnick. 1968. *Fisika Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Henderson, R.G. 1960. *A Comprehensive system of automatic computation in magnetic and gravity interpretation*. Geophysics.
- Pedley, R.C. 1991. *Interactive 2,5D Gravity and Magnetic Modelling Program (Gravmag), User Manual*. British Geological Survey, Keywort. Notingham.

Robinson E.S, dan Cahit Coras. 1988. *Basic Exploration Geophysics*. John Wiley And Sous. New York Chichester Bristance. Toronto Singapura

Sunaryo. 2001. *Tesis Pendugaan struktur kantong magma gunung api kelut berdasarkan surve magnetik.I*. Tesis S2. UGM. Jogjakarta

Telford W, Sheriff. 1979. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.Cambridge

Telford, W.M. dkk. 1982. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge London, Sydney.

Tim survey Geologi. 2009. *Penyelidikan Panasbumi Pendahuluan Bittuang*. ESDM. Bandung.

Wahyudi, DR 2001. *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika, Teori dan Aplikasi Metode Magnetik*. Fakultas MIPA UGM Yogyakarta.

LAMPIRAN 1. Perhitungan analitik pemodelan

Lintasan AB

MAG2DC FOR WINDOWS

There are 9 Bodies

There are 93 Observation points.

Geomagnetic Field Parameters:-

Intensity : 42270.0 Inclination : -23.3 Declination : 1.5

The profile bearing was 0.0 degrees.

The reference height used was 1.0

The units used were m.

Susceptibilities are in CGS units.

Body 1

No. of corners is 10 Susceptibility : -0.023

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

19.981	1104.911
394.632	1268.601
824.231	1305.804
1108.966	1290.923
1423.672	1380.209
1588.518	1819.197
1158.919	1796.875
314.706	1715.030
4.995	1744.792
14.986	1357.887

Body 2

No. of corners is 12 Susceptibility : -0.014

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

1903.225	1324.405
2257.894	1294.643
2767.419	1331.845
3127.083	1361.607
3514.988	1250.000
3241.975	1797.842

3047.157	1797.842
2352.805	1786.979
1978.154	1803.274
1583.523	1837.798
1433.663	1391.369
1618.490	1369.048

Body 3

No. of corners is 16 Susceptibility : 0.0048

Strike length : 500.00

X and Y positions of the bodys corners:-

1373.719	1346.726
1468.630	1197.917
1693.420	1056.548
2192.954	758.929
2642.535	625.000
2857.335	491.071
3147.064	374.777
3606.635	238.988
3996.271	309.598
4196.086	327.381
4375.918	238.095
3521.715	1257.441
3112.097	1354.167
2377.782	1302.083
1723.392	1354.167
1463.635	1369.048

Body 4

No. of corners is 19 Susceptibility : 0.0001

Strike length : 500.00

X and Y positions of the bodys corners:-

4241.043	152.083
4425.871	176.652
4530.773	182.083
4635.675	149.494
4850.475	127.768

4915.414	108.631
4975.358	86.905
5205.144	0.000
5409.953	5.432
5684.696	27.158
6274.146	111.473
6588.853	198.378
6618.825	1295.551
4930.400	1328.140
3531.705	1284.687
3731.519	893.095
3891.370	707.083
4001.268	565.714
4141.137	335.059

Body 5

No. of corners is 17 Susceptibility : -0.001

Strike length : 500.00

X and Y positions of the bodys corners:-

24.977	401.786
284.734	580.357
564.473	610.119
814.241	654.762
1153.924	714.286
1453.644	610.119
1693.420	684.524
2048.090	677.083
2517.652	647.321
2167.978	781.250
1728.388	1019.345
1473.625	1190.476
1358.733	1339.286
664.380	1287.202
284.734	1272.321
144.865	1138.393
19.981	1086.310



Body 6

No. of corners is 7 Susceptibility : -0.001

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

3506.728	1254.688
4930.400	1303.571
6583.857	1276.414
6608.777	1786.979
5210.139	1776.116
3721.528	1770.685
3286.933	1759.821

Body 7

No. of corners is 12 Susceptibility : 0.0001

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

15.043	32.589
4101.174	10.863
3636.607	222.693
3118.861	385.640
2827.362	488.839
2627.549	635.491
1704.844	668.080
1433.662	613.765
1128.947	722.396
399.627	602.902
289.730	575.744
4.995	418.229

Body 8

No. of corners is 10 Susceptibility : 0.0001

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

4101.654	16.295
5159.660	0.000
4979.147	92.336
4853.791	119.494
4638.178	146.652

4537.893	179.241
4437.608	173.810
4237.039	146.652
4131.739	320.461
3615.272	238.988

Body 9

No. of corners is 4 Susceptibility : 0.0005

Strike length : 100.00

X and Y positions of the body's corners:-

5480.572	0.000
6628.834	0.000
6593.735	200.967
5575.842	16.295

Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	40.62600	35.27696
50.5	39.80300	34.21603
61.7	39.60000	34.71193
169.7	36.91900	37.58242
277.8	33.39600	36.44957
316.4	32.15300	35.52243
385.8	29.44100	33.45095
493.9	26.19200	29.56247
550.4	26.64700	27.31262
581.6	27.09000	26.02266
602.2	26.31500	25.15369
710.7	24.46900	20.38954
819.2	13.55700	15.37587
841.9	11.62300	14.30256
927.8	6.24100	10.16069
1102.3	-2.56300	1.29704
1144.8	-4.23600	-0.99098
1253.4	-9.48100	-7.13672
1269.0	-10.37300	-8.06714
1359.2	-14.97900	-13.64407
1379.6	-16.18100	-14.95749

1464.6	-20.81800	-20.63210
1570.0	-27.16100	-27.98892
1675.4	-33.89000	-35.47376
1687.2	-34.69200	-36.30895
1780.8	-40.75600	-42.83246
1886.2	-48.00300	-49.85796
1991.6	-56.06600	-56.40975
1994.8	-56.35800	-56.60269
2047.4	-60.55400	-59.66311
2098.3	-64.36800	-62.48975
2206.5	-72.83700	-68.12028
2265.9	-75.83000	-71.04680
2314.8	-77.59500	-73.41154
2423.0	-79.63500	-78.73992
2529.6	-84.21400	-84.46888
2531.3	-84.31400	-84.56389
2639.5	-91.89900	-91.18929
2747.7	-100.49300	-98.49758
2793.2	-103.53900	-101.63700
2856.0	-108.20800	-105.86856
2957.1	-112.34700	-112.03746
2964.1	-112.54300	-112.41515
3069.9	-113.89300	-117.21306
3070.4	-113.90000	-117.23150
3175.7	-117.23200	-119.73759
3281.5	-117.68200	-119.37964
3369.8	-112.05100	-115.80837
3387.3	-111.89000	-114.54525
3493.1	-102.47800	-100.23708
3577.0	-81.64700	-76.69598
3599.9	-77.31400	-68.04978
3652.1	-61.76300	-45.45288
3710.0	-29.32600	-17.68708
3820.2	31.46700	33.71216
3896.0	64.26600	63.88938
3930.4	80.91300	75.81691

4040.6	106.16900	106.58464
4140.0	119.32200	124.57412
4150.7	119.72200	126.08803
4250.4	127.64700	138.65606
4261.0	128.61500	139.98208
4371.8	147.91800	151.01356
4380.8	148.96100	151.34578
4482.7	144.43300	145.79742
4593.5	121.14700	125.32281
4619.0	116.97000	119.95012
4704.4	97.44500	102.92284
4815.2	78.82300	83.27381
4857.2	73.52200	75.91840
4926.0	58.90500	63.50837
5036.9	26.78100	44.18854
5095.5	11.00300	34.61215
5182.0	4.28400	11.48031
5255.3	13.19600	24.34114
5361.5	19.10400	25.87754
5369.0	19.07200	25.70536
5467.6	24.24800	28.65999
5573.7	25.36500	24.10062
5662.8	24.99400	22.69484
5679.9	25.20900	23.00902
5786.0	24.89700	25.08262
5892.1	23.98900	24.78184
5956.5	23.20900	24.54288
5992.8	22.95900	24.45257
5998.2	22.94000	24.44361
6102.4	22.02900	24.63299
6206.7	20.90400	26.24326
6285.1	19.93200	29.37405
6311.0	19.66300	30.72658
6415.3	18.34800	36.53446
6519.5	16.93900	42.71005

Ralat rata – rata model terhadap data lapangan : 8,57%

Lintasan CD

MAG2DC FOR WINDOWS

There are 10 Bodies

There are 83 Observation points.

Geomagnetic Field Parameters:-

Intensity : 42270.0 Inclination : -23.3 Declination : 1.5

The profile bearing was 0.0 degrees.

The reference height used was 1.0

The units used were m.

Susceptibilities are in CGS units.

Body 1

No. of corners is 5 Susceptibility : 0.014

Strike length : 500.00

X and Y positions of the bodys corners:-

680.596 286.458

1036.600 302.827

1685.784 500.000

1272.191 1432.291

732.950 1375.000

Body 2

No. of corners is 8 Susceptibility : 0.017

Strike length : 500.00

X and Y positions of the bodys corners:-

1643.901 605.655

1717.196 343.750

1984.199 302.827

2026.082 270.089

2444.910 261.905

2607.206 1284.970

1261.720 1432.292

1549.665 720.238

Body 3

No. of corners is 13 Susceptibility : 0.009

Strike length : 500.00

X and Y positions of the bodys corners:-

2455.381	270.089
2444.910	130.952
2539.147	204.613
2649.089	155.506
2732.855	122.768
2827.091	122.768
2942.269	106.399
3031.270	90.030
3120.271	147.321
3224.978	556.548
3329.685	908.482
3418.686	1200.000
2617.677	1268.601

Body 4

No. of corners is 20 Susceptibility : 0.008

Strike length : 5000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

5167.294	326.983
4669.936	529.167
4355.815	498.363
4099.283	460.714
3753.749	474.405
3481.511	467.560
3240.684	490.673
3094.094	117.857
3135.977	57.143
3298.273	39.286
3476.275	46.429
3554.806	78.571
3732.808	94.494
3936.987	87.649
4224.931	77.381
4523.346	94.494
4785.114	111.607
5036.411	73.958

5345.297 78.571
5743.183 114.583

Body 5

No. of corners is 9 Susceptibility : 0.011
Strike length : 500.00

X and Y positions of the bodys corners:-

3224.978	482.887
3659.513	474.405
4088.812	467.560
4800.819	548.363
4963.115	548.363
4717.054	1194.940
4188.284	1189.286
3659.513	1196.429
3408.216	1192.857

Body 6

No. of corners is 16 Susceptibility : 0.010
Strike length : 500.00

X and Y positions of the bodys corners:-

4847.938	409.375
5046.882	358.036
5324.240	260.472
5544.240	146.429
5633.241	117.857
5743.184	82.143
5811.243	78.571
5989.245	67.857
6193.424	53.571
6282.425	42.857
6549.428	35.714
6895.034	212.798
7070.942	474.702
5884.004	563.299
4888.868	538.746
4675.172	546.280

Body 7

No. of corners is 11 Susceptibility : 0.008

Strike length : 500.00

X and Y positions of the bodys corners:-

4942.175	546.280
5717.006	568.824
6313.837	531.994
6753.607	248.512
6863.549	826.637
6905.433	1178.571
6329.544	1185.714
5601.829	1207.143
5183.001	1192.857
4722.290	1189.286
4895.056	724.330

Body 8

No. of corners is 11 Susceptibility : 0.002

Strike length : 5000.00

X and Y positions of the bodys corners:-

0.000	57.292
198.943	98.214
345.533	90.030
492.123	114.583
664.890	196.429
722.479	933.036
743.420	1383.185
445.005	1325.074
198.944	1300.520
41.883	1325.074
0.000	1300.520

Body 9

No. of corners is 19 Susceptibility : 0.000

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

10.510	50.000
3121.571	56.845

3069.020	101.339
2843.047	118.452
2622.330	142.411
2559.268	186.905
2448.909	128.720
2454.165	251.935
2033.751	269.048
1991.710	303.274
1723.696	344.345
1671.144	488.095
1045.779	306.696
683.172	286.161
667.407	197.173
509.751	111.607
341.586	87.649
189.186	101.339
10.510	56.845

Body 10

No. of corners is 13 Susceptibility : 0.001

Strike length : 100.00

X and Y positions of the bodys corners:-

3510.454	53.423
6164.315	56.845
5749.156	87.649
5675.584	104.762
5349.763	80.804
5029.198	73.958
4792.715	115.030
4498.426	94.494
4235.667	73.958
3930.867	91.071
3725.916	91.071
3568.261	80.804
3510.454	53.423



Position	Observed Field	Calculated Field
0.0	-209.76300	-189.10385
37.4	-209.03100	-206.92431
90.4	-209.26300	-200.04517
152.4	-209.56700	-191.14683
267.4	-215.68800	-206.63879
382.4	-233.31600	-231.94816
402.0	-239.87400	-236.82309
497.4	-267.57500	-271.28542
555.5	-298.09900	-302.18712
611.0	-325.89300	-337.35713
723.2	-396.20600	-398.04333
768.5	-409.03300	-407.73792
835.5	-420.66600	-399.97598
947.7	-352.50400	-335.06821
1059.9	-239.30900	-233.54321
1172.1	-147.98300	-131.62649
1188.5	-138.02300	-118.57376
1284.4	-80.02600	-56.99136
1304.2	-72.26900	-47.81763
1397.3	-33.51000	-23.10122
1510.4	-35.62100	-35.50511
1575.6	-68.20900	-61.94253
1623.5	-94.77300	-87.49144
1736.5	-155.93500	-150.30993
1849.6	-190.22100	-188.02814
1876.5	-192.63600	-191.27388
1937.7	-199.00400	-189.67491
1964.2	-201.64800	-184.81002
2079.2	-145.95500	-130.53045
2194.1	-46.28700	-33.07148
2309.1	38.11500	62.39274
2424.1	101.62000	111.18709
2432.0	104.79600	114.13301
2538.1	144.54000	155.79606
2573.9	139.74000	153.37492



2652.0	117.44100	114.19890
2765.9	83.33500	83.03599
2879.8	83.05300	76.19565
2916.8	79.25700	65.37829
2956.0	73.96300	57.42066
2993.4	69.13200	61.10337
3106.5	-46.16900	-51.07003
3219.6	-190.87000	-186.37591
3287.7	-176.06800	-177.01655
3332.7	-151.10300	-126.46960
3445.8	20.57300	-31.93107
3558.8	119.33700	125.38564
3662.2	70.99300	74.95005
3671.9	64.84300	71.11149
3814.4	-10.83500	-1.03994
3898.1	-37.31600	-30.61948
4011.3	-79.35000	-51.11622
4124.5	-65.83100	-60.45313
4237.7	-59.97500	-39.41155
4350.8	-17.56500	-7.21599
4405.0	8.86900	23.68313
4464.0	39.60900	39.48488
4569.4	68.89900	65.74333
4577.2	70.96100	67.49950
4690.5	84.66100	84.23857
4771.3	77.94600	69.59936
4803.9	72.14300	52.84349
4917.2	5.03200	-13.20786
5030.6	-44.44300	-29.58318
5134.3	7.71600	28.43533
5143.9	13.84700	32.73499
5257.3	74.87900	62.40351
5370.6	85.62600	81.72109
5484.0	79.54400	86.87363
5497.3	79.29300	86.19979
5586.4	79.90600	88.54761

5597.3	80.25400	89.65612
5710.0	90.23000	93.70788
5822.7	98.18300	106.26752
5882.7	94.47900	101.01783
5935.4	89.27400	91.41318
6048.1	66.42000	59.22708
6160.8	-4.68500	12.17359
6273.5	-84.30600	-81.16911
6275.3	-84.20300	-81.47021
6286.4	-82.18300	-81.40096
6385.0	-66.24400	-67.02628
6496.5	-11.54200	-44.13520

Ralat rata – rata model terhadap data lapangan : 7,57%



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



LAMPIRAN 2. Nilai suseptibilitas batuan

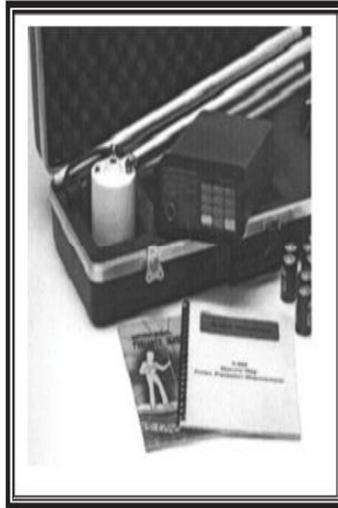
	Tipe	Suseptibilitas x 10 ⁻³ (SI)	
		Ring	Rata-rata
Sedimen	Dolomite	0-0,9	0,1
	Batugamping	0-3	0,3
	Batupasir	0-20	0,4
	Serpih	0,01-15	0,6
Metamorf	Amphibiolite		0,7
	Sekis	0,3-3	1,4
	Filit		1,5
	Gneiss	0,1-25	
	Kuarsit		4
	Serpentin		
	Sabak	0-35	6
Beku	Granit	0-50	2,5
	Riolit	0,2-35	
	Dolorit	1-35	17
	Augite-Syenite	30-40	
	Olivin-diabas		25
	Diabas	1-160	55
	Porphyry	0,3-200	60
	Gabro		70
	Basalt	0,2-175	70
	Diorit	0,6-120	85
	Piroksenit		125
	Peridotit	90-200	150
	Andesit		160

	Suseptibilitas x 10 ⁻³ (SI)	
Type	Ring	Rata-rata
Mineral		
Grafit		0,1
Kuarsa		-0,01
Rock Salt		-0,01
Gypsum		-0,01
Kalsit	-0,001- (-0,01)	
Batubara		0,002
Lempung		0,2
Kalkopirit		0,4
Spalerit		0,7
Kasiterit		0,9
Siderit	1-4	
Pirit	0,05-5	1,5
Limonit		2,5
Arsenopirit		3
Hematit	0,5-35	6,5
Kromit	3-110	7
Franklinit		430
Pirotit		1500
Ilmenit	300-3500	1800
Magnetit	1200-19200	6000

(Telford, 1979)

LAMPIRAN 3. Spesifikasi alat

Magnetometer jenis PPM G-856 (*Proton Presicion Magnetometer*)



Gambar L.1. Alat Ppton Presicion Magnetometer



Gambar L.2. Set lengkap alat magnetometer

spesifikasi PPM yaitu:

- Tipe : GEOMETRICS G-856 Memory-Mag™ PPM
- Resolusi : 0.1 gamma
- Ketelitian : ± 1 gamma pada skala penuh
- Jangkauan : 20 hingga 90 kilogammas
- Display : 6 digit untuk tampilan harga magnetik lapangan
- Toleransi gradien : hingga 1800 gammas/ meter
- Sumber daya : 9 buah baterai kering (13.5 V DC)
- Jangkauan Suhu : -20 °C sampai dengan $+ 50$ °C
- Dimensi
 - Console : (18x27x9 cm), 2.7 Kg
 - Sensor : (9x13 cm), 1.8 Kg
 - Staff : (3cm x 2.5 m), 1 Kg



Lampiran 4. Rumusan pada magpick

➤ Kontinuitas ke atas

Kontinuitas ke atas adalah langkah pengubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan, menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lebih atas. Kontinuitas ke atas juga merupakan salah satu metode yang sering digunakan sebagai filter yang berguna untuk menghilangkan bising yang ditimbulkan oleh benda-benda dekat permukaan

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x', y', z_0)}{(|x-x'|^2 + |y-y'|^2 + \Delta z^2)} dx' dy'$$

Dimana: $U(x, y, z_0 - \Delta z)$ adalah harga medan potensial pada bidang hasil kontinuitas, $U(x', y', z_0)$ adalah harga medan potensial pada bidang observasi sebenarnya, Δz adalah jarak atau ketinggian pengangkatan. (Blakely, 1995).

➤ Transformasi Pseudogravitasi

Transformasi Pseudogravitasi data magnetik dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan poisson. Data pseudogravitasi merupakan gambaran analogis data gravitasi untuk benda dengan densitas yang memiliki kesebandingan dengan magnetisasi. Nilai kesebandingan ini adalah 100 kg/m³ per A/m (Blakely, 1995). Dimana 1 A/m $\approx 10^2$ gamma atau 1 gamma ≈ 1 kg/m³.

$$\begin{aligned} V &= -\frac{C_m M}{\gamma \rho} \hat{m} \nabla_p U \\ &= -\frac{C_m M}{\gamma \rho} g_m \end{aligned}$$

Dimana: ρ adalah densitas, M adalah intensitas magnetisasi, \hat{m} adalah arah magnetisasi, g_m adalah komponen medan gravitasi dalam arah magnetisasi \hat{m} , V adalah medan potensial magnet, C_m adalah konstanta magnetisasi, dan γ adalah konstanta gravitasi. (Blakely, 1995).

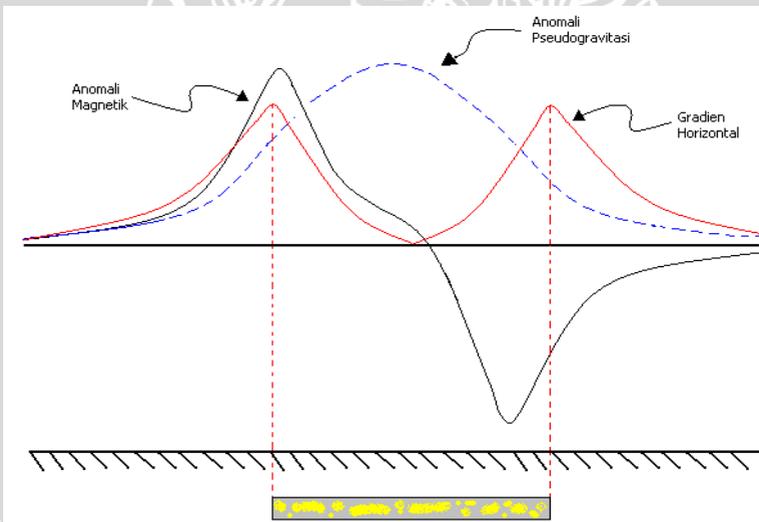
➤ Gradien Horisontal

Gradien horizontal dapat digunakan untuk mengkarakterisasi anomali gravitasi agar melokalisasi perubahan densitas tiba-tiba kearah *lateral* secara langsung dari pengukuran gravitasi, tehnik ini juga dapat diaplikasikan untuk pengukuran magnetik yang ditransformasi ke anomali pseudogravitasi, yang mana kasus gradien horizontal tercuram akan merefleksikan perubahan lateral secara tiba-tiba dalam magnetisasi. (Blekely, 1995).

Magnitude dari gradien horizontal anomali gravitasi atau anomali pseudogravitasi dinyatakan sebagai berikut

$$h(x, y) = \left[\left(\frac{\partial g_z(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial g_z(x, y)}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Secara sederhana perbandingan anomali magnetik, anomali pseudogravitasi dan gradien horizontal dari pseudogravitasinya dapat digambarkan seperti gambar L4.1



Gambar L4.1. Anomali magnetik, anomali pseudogravitasi, dan magnitude gradien horizontal diatas benda batangan.